

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 ETAT DE L'ART	5
1.1 BIM.....	5
1.1.1 Définitions du BIM.....	5
1.1.2 Technologie.....	7
1.1.3 Organisation.....	8
1.1.4 Processus.....	11
1.1.5 Critique	14
1.2 Impact sur l'organisation	15
1.2.1 Activité individuelle et activité collective	16
1.2.2 Typologies d'activité collective.....	16
1.3 Implémentation de la technologie.....	18
1.3.1 Implémentation	18
1.3.2 Niveaux de maturité.....	24
1.4 Synthèse	32
CHAPITRE 2 METHODOLOGIE.....	35
2.1 Représentation schématique.....	35
2.2 Conception de la recherche.....	37
2.3 Méthodes mises en place	37
2.3.1 Revue documentaire et observations	40
2.3.1.1 Revue documentaire et observation in-situ.....	40
2.3.1.2 Observation de réunions	41
2.3.2 Entretiens	43
2.3.2.1 Mise en place des entretiens	45
2.3.2.2 Traitement des entretiens	52
2.3.2.3 Analyses des entretiens.....	58
2.4 Synthèse	70
CHAPITRE 3 CONTEXTE DE LA RECHERCHE	71
3.1 Entreprise	72
3.2 BIM dans l'entreprise	75
3.2.1 Historique.....	75
3.2.2 État des lieux.....	78
3.3 Choix des équipes observées	82
3.4 Projets observés	83
3.4.1.1 Projet 1	83
3.4.1.2 Projet 2.....	87
3.4.1.3 Projet 3	89
3.4.1.4 Projet 4.....	91

3.5	Synthèse	93
CHAPITRE 4	RESULTATS	95
4.1	Présentation des données et analyses.....	95
4.1.1	Constats.....	95
4.1.1.1	Implémentation	95
4.1.1.2	Processus.....	96
4.1.1.3	Aspect technique.....	97
4.1.1.4	Gestion humaine	99
4.1.1.5	BIM manageurs.....	99
4.1.1.6	Chefs de projet	101
4.1.2	Typologies.....	102
4.1.2.1	Typologie 1	102
4.1.2.2	Typologie 2	103
4.1.2.3	Typologie 3	104
4.1.3	Cartographie des projets	106
4.1.3.1	Première cartographie : entités internes.....	106
4.1.3.2	Seconde cartographie : entités internes et externes.....	112
4.1.4	Niveaux de maturité.....	117
4.1.4.1	Présentation des quatre profils de maturité.....	117
4.1.4.2	Comparaisons et analyse.....	122
4.2	Discussion.....	125
4.2.1	Limites du projet.....	127
4.2.2	Ouverture	129
CONCLUSION		131
ANNEXE I	Les bénéfices et conséquences de l'adoption du BIM.....	133
ANNEXE II	Profil d'évaluation de l'organisation autour du BIM.....	137
ANNEXE III	Différentes méthodologies analytiques, leurs forces et leurs faiblesses..	143
ANNEXE IV	Typologies d'acteurs – exemples.....	145
LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		149

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Alignement des technologies : application au BIM21
Tableau 1.2	Comparaison des niveaux d'implémentation26
Tableau 1.3	Extrait de la grille de maturité critériée31
Tableau 2.1	Liste des réunions observées.....41
Tableau 2.2	Nombre de réunions observées (par type)42
Tableau 2.3	Nombre de réunions observées (par lieu)42
Tableau 2.4	Répartition des entretiens (par projet).....44
Tableau 2.5	Répartition des entretiens (par ville).....44
Tableau 2.6	Répartition des entretiens (par poste)44
Tableau 2.7	Durée moyenne des entretiens (par projet)45
Tableau 2.8	Durée moyenne des entretiens (par poste)45
Tableau 2.9	Points clés liés au niveau de maturité47
Tableau 2.10	Grille d'entretiens (questions, objectifs et références)49
Tableau 2.11	Entretiens réalisés, par postes59
Tableau 2.12	Les cinq niveaux d'évaluation des critères de maturité (CIC, 2013).....63
Tableau 2.13	Grille de maturité, 1 ^{er} critère : la stratégie64
Tableau 2.14	Grille de maturité, 2 ^e critère : les usages65
Tableau 2.15	Grille de maturité, 3 ^e critère : les processus.....65
Tableau 2.16	Grille de maturité, 4 ^e critère : l'information66
Tableau 2.17	Grille de maturité, 5 ^e critère : l'infrastructure.....66
Tableau 2.18	Grille de maturité, 6 ^e critère : l'organisation67
Tableau 2.19	Grille de maturité : total de points possible68

Tableau 3.1	Historique des réflexions et embauches liées au BIM dans l'entreprise ...	77
Tableau 3.2	Rôles dédiés au BIM au sein de l'agence (en date de mai 2015)	79
Tableau 3.3	Liste des projets BIM en cours	81
Tableau 3.4	Nom et localisation des projets étudiés	83
Tableau 3.5	Chiffres projet CHPG	84
Tableau 3.6	Chiffres projet ENS	87
Tableau 3.7	Chiffres projet CAAM	90
Tableau 3.8	Chiffres projet TLS	91
Tableau 3.9	Synthèse des quatre projets	93
Tableau 4.1	Profils de maturité (en pourcentages) des quatre projets	122

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Courbe temps/effort, comparaison entre un projet BIM (en rose) et un projet traditionnel (en vert)9
Figure 1.2	Comparaison des processus de travail. A gauche : traditionnel, à droite : en BIM.....12
Figure 1.3	Les cinq niveaux de transformation des entreprises19
Figure 1.4	"Petit" BIM VS "grand" BIM22
Figure 1.5	Les niveaux du BIM.....24
Figure 2.1	Représentation schématique des différentes étapes mises en place.....36
Figure 2.2	Planification détaillée de la période in-situ.....38
Figure 2.3	Exemple d'un schéma réalisé par un collaborateur54
Figure 2.4	Exemple d'un schéma reproduit sur ordinateur56
Figure 2.5	Exemple d'un schéma reproduit sur ordinateur57
Figure 2.6	Cartographie n°1 – Projet n°4.....61
Figure 2.7	Cartographie n°2 – Projet n°462
Figure 2.8	Exemple de diagramme araignée représentant le profil de maturité BIM .69
Figure 3.1	Image du site Web de l'entreprise qui montre les trois principales filiales, les studios, et la holding72
Figure 3.2	Organigramme - les différentes structures composant l'entreprise73
Figure 3.3	Managers, coordinateurs et référents BIM sur les différents sites.....80
Figure 3.4	Rendu photo-réaliste du projet CHPG (AIA, 2015)84
Figure 3.5	Extrait d'une brochure de présentation du projet CHPG.....86
Figure 3.6	Rendu photo-réaliste du projet ENS (AIA, 2015)87
Figure 3.7	Extrait d'une brochure de présentation du projet ENS.....88

Figure 3.8	Rendu photo-réaliste du projet CAAM (AIA, 2015).....	89
Figure 3.9	Rendu photo-réaliste du projet TLS (AIA, 2015).....	91
Figure 4.1	Les rôles attribués au BIM Manager.....	100
Figure 4.2	Typologie 1 – représentation générale.....	103
Figure 4.3	Typologie 2 – représentation générale.....	104
Figure 4.4	Typologie 3 – représentation générale.....	105
Figure 4.5	Cartographie n°1 – Projet n°1	108
Figure 4.6	Cartographie n°1 – Projet n°2	109
Figure 4.7	Cartographie n°1 – Projet n°3	110
Figure 4.8	Cartographie n°1 – Projet n°4	111
Figure 4.9	Cartographie n°2 – Projet n°1	113
Figure 4.10	Cartographie n°2 – Projet n°2	114
Figure 4.11	Cartographie n°2 – Projet n°3	115
Figure 4.12	Cartographie n°2 – Projet n°4	116
Figure 4.13	Profil de maturité – Projet n°1	118
Figure 4.14	Profil de maturité – Projet n°2	119
Figure 4.15	Profil de maturité – Projet n°3	120
Figure 4.16	Profil de maturité – Projet n°4	121
Figure 4.17	Profil de maturité – moyenne des quatre projets	123

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

2D	2 dimensions
3D	3 dimensions
AIA	Architectes Ingénieurs Associés (agence)
AMO	Assistance à la Maîtrise d’Ouvrage
BIM	Building Information Modeling / Model
CAAM	Crédit Agricole de l’Anjou et du Maine (projet de l’agence)
CCQ	Commission de la Construction du Québec
CVC	Chauffage, Ventilation et Climatisation (domaine d’ingénierie en France)
CHPG	Centre Hospitalier Princesse Grâce (projet de l’agence)
CIC	Computer Integrated Construction research group
CSCW	Computer Supporter Cooperative Work
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DAO	Dessin Assisté par Ordinateur
ETS	Ecole de Technologie Supérieure
ENS	Ecole Nationale Supérieure (projet de l’agence)
GRIDD	Groupe de Recherche en Intégration et Développement Durable en environnement bâti
IFC	Industry Foundation Classes
IRAC	Institut Royal d’Architecture du Canada
LUCID	Lab for User Cognition and Innovative Design
TCAO	Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur
TLS	Toulouse (projet de l’agence)

DEFINITIONS

Afin de faciliter la compréhension du texte et du sujet de l'étude, les définitions de certains termes que utilisés tout au long du texte sont précisées dans cette partie.

Communication	Transmission d'informations entre plusieurs personnes.
Collaboration	Implication de plusieurs personnes dans la réalisation d'une même tâche, dans le but d'atteindre un même objectif à moyen terme.
Collaborateurs	Les membres d'équipe de projet de l'agence, travaillant en collaboration.
Coordination	Organisation des tâches et des ressources des personnes qui travaillent ensemble. Par exemple, en créant des procédures de travail.
Objet collaboratif	Objet autour duquel les collaborateurs travaillent de façon simultanée, pas nécessairement sur une même tâche.

INTRODUCTION

Le **BIM** (Building Information Modeling) permet de gérer les projets en collaboration via l'utilisation intelligente de divers logiciels et plateformes, à travers la création et la gestion partagées d'un modèle 3D (ou maquette numérique) et l'intégration dans ce modèle de l'ensemble des informations liées au projet.

L'intégration de technologies et du processus BIM dans l'industrie est perçue comme une **avenue prometteuse**. La complexification des projets de construction semble en effet montrer des limites à la représentation en 2D : problèmes de coordination entre les acteurs, de productivité, de qualité, de prédictibilité, etc. que l'application adéquate de nouveaux procédés et technologies devrait pouvoir limiter.

Selon la définition de la Commission de la Construction du Québec (CCQ, 2015), l'industrie de la construction est un domaine unique : elle se caractérise par la grande mobilité des entreprises (d'un chantier à l'autre, d'une région à l'autre) ; mais également par son instabilité cyclique (variation des investissements). Les projets sont articulés en une série d'activités séquentielles et composés d'un ensemble de spécialistes (ingénieur, architecte, constructeur, etc.) qui travaillent en collaboration et ce de façon généralement temporaire. Les professionnels sont donc interdépendants autour du projet à réaliser, mais de par la séparation des professions, le domaine reste **fragmenté** (Dossick et Neff, 2011; Egan, 1998).

Le BIM, utilisé à bon escient, pourrait apporter en efficacité et productivité – mais implique un changement de paradigme profond. Son implémentation oblige à briser le mode traditionnel de travail pour proposer une organisation du travail intégrée autour d'une plateforme unique et partagée, qui gère la maquette numérique : cela oblige une **révision** des pratiques actuelles et de flux de travail à l'interne et à l'externe (Forgues, Staub-French et Farah, 2011).

Or de nos jours, il n'existe pas de **standard** reconnu dans l'industrie de la construction définissant l'intégration de ce type de nouvelles pratiques (Forgues, Iordanova et Chiocchio, 2012). Quelques associations, entreprises ou groupement d'entreprises ont toutefois proposé divers guides durant ces dernières années (BCA, 2013; CIC, 2010; 2013) s'adressant à diverses entités (le client par exemple).

En addition à la problématique liée au BIM, l'augmentation de la complexité des projets de construction nécessite un accroissement des **échanges** entre ces différents spécialistes ainsi qu'avec les autres parties prenantes au projet. La gestion, le partage et la synchronisation de l'information représentent donc aujourd'hui un enjeu majeur en construction.

Les technologies collaboratives deviennent ainsi de plus en plus inévitables, et se développent un peu partout dans le monde : l'utilisation du BIM sera obligatoire sur les projets de construction publics au Royaume Uni à partir de 2016, et cette idée a également été évoquée en France pour 2017 (Beideler, 2014). Il en est de même aux États-Unis où le BIM est utilisé par environ 70% de l'industrie (Forgues, Staub-French et Farah, 2011).

Dans ce cadre, la **problématique** autour de laquelle s'articule ce projet est la mise en place d'une nouvelle technologie ayant un impact majeur sur l'entreprise. La question posée est la suivante :

Comment l'organisation d'une entreprise, à l'échelle du projet, a-t-elle évolué autour du BIM?

Plusieurs sous-questions en découlent : premièrement, quel est le niveau de maturité du BIM au sein de l'entreprise et plus précisément pour chaque projet ? Puis, quelle est la nouvelle organisation des équipes de projet? Quelle est l'influence du BIM sur le rôle des collaborateurs et plus spécifiquement, du chef de projet ?

Pour répondre à ces questions, une approche analytique (cartographie) des perceptions des problématiques générées par la transition liée au BIM est mise en place. Une grille de

maturité de l'utilisation du BIM sur un projet est développée, qui équivaldrait à un audit de maturité; puis des cartographies d'organisation, afin d'appréhender la nouvelle organisation autour des projets.

Il n'existe pas à notre connaissance de théorie « classique » sur laquelle cette étude pourrait s'appuyer. Le projet mis en place se veut donc une étude **exploratoire**.

Pour cela, une étude de cas au sein d'une **agence d'architecture française** qui a récemment entrepris l'adoption de certaines technologies associées au BIM est complétée. Cette intégration nouvelle pose beaucoup d'interrogations relatives à leurs pratiques et modes d'organisations. C'est pourquoi l'entreprise souhaite qu'une étude, à court terme d'abord, soit menée sur l'implémentation réalisée et l'articulation actuelle des processus. Un travail à long terme est ensuite envisagé pour optimiser cette implémentation.

L'étude est réalisée en collaboration avec deux laboratoires : le GRIDD, à Montréal, et LUCID, en Belgique qui travaille déjà en collaboration avec l'agence d'architecture depuis quelques années.

Dans le présent rapport, le CHAPITRE 1 présente le contexte de la recherche. Dans une première partie, les technologies du BIM sont développées, les raisons et les conséquences de leur implémentation au sein d'une agence d'architecture. Dans une seconde partie, l'implémentation de la technologie est développée et dans une troisième, l'impact sur une organisation. Tout cela permettra d'arriver à la dernière partie : la définition du cadre conceptuel de la recherche.

Le CHAPITRE 2 développe ensuite la méthodologie : le cadre du projet, puis les méthodes appliquées pour la cueillette, le traitement, et enfin l'analyse des données.

Le CHAPITRE 3 présente le cadre de la recherche, c'est-à-dire l'agence d'architecture faisant lieu d'étude de cas, l'état des lieux de l'implémentation du BIM chez eux ainsi qu'une description des quatre projets observés au sein de l'agence.

Enfin, le CHAPITRE 4 présente les résultats obtenus lors de cette recherche : les données extraites lors de l'étude sont présentées, puis une analyse et une discussion.

CHAPITRE 1

ETAT DE L'ART

Ce premier chapitre a pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- qu'est-ce que le BIM? Pourquoi vouloir l'implémenter, que peut-il apporter à une entreprise?
- quelles sont les conséquences au sein d'une entreprise de l'implémentation d'une nouvelle technologie? Et plus particulièrement, de celle-ci?

La réponse à ces questions amène ainsi à comprendre les besoins et le contexte de la présente recherche.

1.1 BIM

Cette première partie pose le cadre dans lequel se situe cette recherche : le BIM; et donc définit ce que signifie cet acronyme, ce qu'il implique, les dimensions sur lesquelles il a un impact, et quel est cet impact.

1.1.1 Définitions du BIM

Dans une première partie, commençons par définir ce qu'on appelle « BIM ».

C'est une notion complexe : il existe presque autant de définitions du BIM qu'il y a d'utilisateurs (Beideler, 2014).

Les initiales BIM peuvent signifier plusieurs choses :

- Building Information Model : dans ce cas, le National BIM Standard – United States (National Institute of Building Sciences, 2014) le définit comme suit : **le BIM est une représentation numérique (un modèle 3D) des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'une construction ;**
- Building Information Modeling : ce terme englobe alors plus que le modèle 3D. Le BIM est aussi un ensemble de processus qui visent à gérer les informations contenues dans le modèle et les processus de gestion du projet (CIC, 2013). Eastman et al. (2011) définit le

BIM comme une technologie associée à un ensemble de processus permettant de produire, communiquer et analyser des modèles numériques.

C'est une source de connaissances partagées d'informations sur un projet, durant tout son cycle de vie (de la première ébauche à la démolition).

Plus simplement, il a été défini comme la représentation numérique d'une construction via un **modèle 3D** (Miettinen et Paavola, 2014) ; et en complément comme une centralisation des informations liées à un projet, afin de faciliter les échanges d'information et l'interopérabilité grâce à des logiciels adaptés. Ces logiciels sont les outils BIM.

Les premiers objectifs des changements envisagés dans le monde de la construction sont ceux de toute industrie, soit d'augmenter la **productivité** et l'**efficacité** des projets. Et le BIM serait utilisé comme véhicule à ces augmentations (Miettinen et Paavola, 2014).

Dans le cadre de ce mémoire, lorsque le terme de **BIM** est utilisé, cela englobe donc plus que le modèle : la collaboration et de la gestion des projets ainsi que des pratiques de l'entreprise sont incluses. Il s'agit de Building Information Model et Modeling.

Forgues, Staub-French et Farah (2011) proposent un découpage du BIM et son implémentation au sein d'une entreprise en trois grands axes :

- la **technologie** : l'utilisation d'un nouveau logiciel, le passage d'une représentation 2D à un modèle numérique, et toutes les conséquences directes que cela peut avoir sur les utilisateurs ;
- l'**organisation** : la structure d'organisation, le management des projets et la répartition des tâches et des effectifs au cours du temps sont affectés et donc à repenser ;
- les **processus** : les objectifs ainsi que les méthodologies sont à adapter, et ce entre tous les intervenants du projet (clients, concepteurs, exécutants...).

C'est autour de ces points que s'oriente cette réflexion et c'est suivant ces trois axes que sera développée la suite du texte, afin de mieux appréhender le BIM sous tous ces aspects.

1.1.2 Technologie

Cette première partie se concentre sur les outils liés au BIM, et plus spécifiquement, les outils informatiques : les logiciels (de modélisation, d'analyse, de communication, etc.) qui peuvent être utilisés dans le cadre d'un projet réalisé en BIM, et leur influence.

Ces outils du BIM permettent de **représenter** et **documenter** les données de conception, les décisions prises, le suivi des modifications, et la gestion des conflits (détection des incompatibilités entre deux modèles par exemple). Mais ils permettent également d'aider dans la **résolution** de problèmes complexes car ils apportent des outils permettant de communiquer autour de ces problèmes (Dossick et Neff, 2011).

Les auteurs suggèrent de nombreux avantages, dont les suivants¹ :

- une meilleure **communication** et un meilleur flux d'informations (Forgues et Staub-French, 2014). Les technologies BIM facilitent le travail simultané entre les équipes de conception, qui peuvent travailler en collaboration sur les modèles numériques et mettre en place un suivi des modifications effectuées (Eastman et al., 2011) ;
- une meilleure **visualisation** du projet. Le client peut ainsi voir le projet en 3D : les plateformes pour la modélisation permettent de réaliser des images, des coupes en 3D, et des rendus photo réalistes (Forgues et Staub-French, 2014; Partridge et al., 2007). De plus, le modèle 3D étant généré directement (contrairement à un projet classique où de multiples vues 2D sont générées séparément et non liées), il permet de visualiser le bâti à tout moment du projet en partant du principe que toutes les vues, qu'elles soient 2D ou 3D, seront cohérentes les unes par rapport aux autres (Eastman et al., 2011) ;

¹ En ANNEXE I se trouve la liste des bénéfices possibles lors de l'utilisation du BIM sur un projet Deutsch, R. 2011. *BIM and Integrated Design - Strategies for Architectural Practices*, 1. USA: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 241 p..

- une meilleure **coordination** entre les intervenants. Un langage et des formats de fichier communs, ainsi que l'utilisation d'une plateforme commune permettent une meilleure coordination (Forgues et Staub-French, 2014; Partridge et al., 2007) ;
- la possibilité d'offrir plus de **services** au client, et plus de valeur ajoutée sur les projets (Forgues et Staub-French, 2014) ;
- une meilleure **qualité** du projet : le développement d'un modèle au plus tôt dans la conception du projet, et la possibilité de comparer des options de conception via des outils de simulation augmente la qualité générale du bâti (Eastman et al., 2011) ;
- une gestion des changements et des erreurs plus rapide : d'éventuels changements induits dans le modèle sont automatiquement mis à jour dans l'ensemble des vues et des documents liés au modèle. L'utilisation du modèle pour générer tous les documents utiles au projet (2D ou 3D) permet également de limiter les erreurs de conception dues à des incohérences entre deux dessins 2D par exemple (Eastman et al., 2011).

D'un point de vue technologique, l'utilisation du BIM semble donc (d'après les sources citées précédemment) pouvoir apporter beaucoup à l'industrie.

Cependant, pour tirer tous les bénéfices d'une implémentation du BIM, il faut repenser les **pratiques** de l'entreprise (Taylor et Bernstein, 2009). Or la recherche, jusqu'à présent, se concentre en grande partie sur l'aspect **technologique** du BIM et néglige les aspects organisationnels (Deutsch, 2011) : c'est-à-dire ce qui est développé dans la suite du texte.

1.1.3 Organisation

De par sa nature, le BIM demande une réorganisation au sein des entreprises, c'est-à-dire une adaptation de l'**organisation** de l'entreprise et plus spécifiquement au sein des équipes de projet. Un certain nombre d'aspects liés à l'organisation, aux procédures internes à l'entreprise et aux relations entre les collaborateurs peuvent se retrouver bouleversés.

Temps de travail

Ils sont différents, puisque l'outil n'est pas le même. Pour effectuer un travail équivalent sur un laps de temps donné, la répartition des effectifs doit donc être adaptée.

Répartition des tâches

Il faut adapter, puisque par exemple, les collaborateurs capables de produire certains livrables sur l'ancien logiciel ne sauront pas nécessairement réaliser les mêmes sur le nouveau.

Affectations

La répartition des efforts est grandement impactée. Comme le montre la Figure 1.1, selon MacLeamy (2008) le « pic » correspondant à la période où le maximum d'effort est mis sur le projet est basculé plus tôt dans la période de conception : il se situe durant la phase de conception préliminaire (dans un projet BIM) plutôt que dans la phase de création de documents de construction (dans un projet traditionnel).

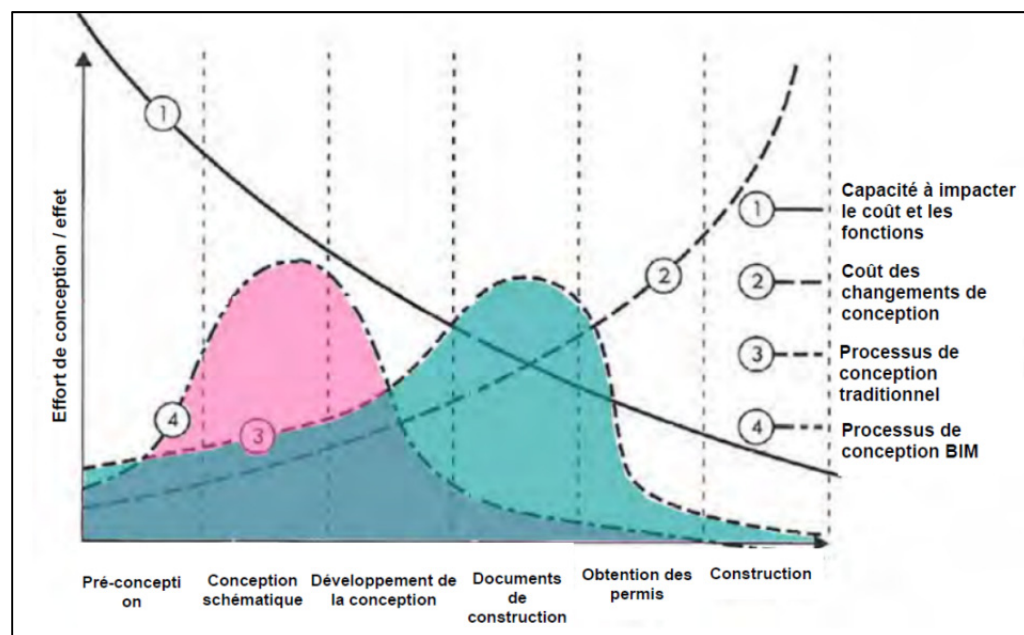


Figure 1.1 Courbe temps/effort, comparaison entre un projet BIM (en rose) et un projet traditionnel (en vert)

Adaptée de MacLeamy (2008) dans Lu et al. (2014)

Échanges d'informations

Les échanges de données et de documents devront également être aménagés pour s'adapter aux nouveaux livrables (tirés de maquettes numériques, et non plus de documents 2D).

Formations

L'implémentation du BIM oblige les collaborateurs à quitter le confort des outils qu'ils maîtrisent pour apprendre de nouveaux **outils** (Partridge et al., 2007).

La faible maturité des membres de l'équipe et une implication inégale dans le projet et dans l'implémentation du BIM peuvent avoir un impact négatif sur le projet.

Équipements

Les logiciels de modélisation 3D ainsi que les plateformes de partage permettant à l'équipe de travailler sur un même fichier simultanément nécessitent une adaptation des équipements : des ordinateurs plus puissants, un réseau internet plus développé, etc., et bien d'autres points qui dépendent de l'organisation propre à chaque entreprise.

L'**interprétation** du modèle du bâtiment peut également être différente selon qui l'utilise (Dossick et Neff, 2011) : le modèle contient plus d'informations pour celui qui l'a créé que pour les autres. Chaque intervenant possède sa propre expertise, son domaine spécifique, son rôle dans le projet ; et chacun lira puis exploitera le modèle selon son contexte. Cela peut donc parfois générer des incompréhensions.

On peut remarquer, après avoir listé les points de rupture organisationnels amenés par l'implémentation du BIM, que tous ces points ont en commun l'aspect **humain**. Selon Deutsch (2011), la **perception** générale du BIM est que celui-ci se base à 90% sur la technologie, et à 10% sur la sociologie et les relations humaines ; mais la réalité serait tout à fait à l'inverse. Par exemple pour certaines tâches, quelle que soit la technologie mise à disposition, la discussion directe est inévitable (Dossick et Neff, 2011). Il est donc important de se pencher sur l'aspect sociologique de la question du BIM avec autant (voir plus) d'attention que sur l'aspect technologique.

Au sein d'une entreprise, l'aspect organisationnel (et donc humain) se base sur une structure. La mise en place de processus permet de définir cette structure.

1.1.4 Processus

Un processus se définit par une suite spécifique d'activités dans le temps et l'espace, avec un début, une fin, et des données d'entrée et de sorties définis : soit une structure pour une action (Succar, 2008). Un certain nombre de processus se retrouvent donc dans un projet de construction : au vu du grand nombre d'intervenants, la communication est un processus central. Les aspects légaux impliquent également un grand nombre d'entités et de personnes.

La création d'un modèle nécessite donc une réorganisation du travail, autour de l'unique **objet collectif** qu'est la maquette (Forgues, Staub-French et Farah, 2011).

De façon générale, selon Deutsch (2011), le BIM a une influence sur les **processus** de conception : les professionnels sont obligés de **réévaluer** leur flux de communication et de travail, et leurs habitudes de façon générale.

Processus de travail

Les processus de travail traditionnels utilisent des sets de plans imprimés (2D) pour échanger des informations entre les professionnels. Ces plans sont l'outil visuel autour duquel la coordination est élaborée, les discussions sont tenues et les conflits sont résolus. Ils doivent être régulièrement échangés entre tous les professionnels du projet. Les processus de travail autour du BIM demandent une organisation différente : le modèle virtuel (3D) est produit, et un réseau de différentes spécialités (architectes, ingénieurs, fabricants, etc.) travaille en collaboration (Taylor et Bernstein, 2009) autour de la maquette. Par exemple, les échanges de documents imprimés entre les collaborateurs ne sont plus nécessaires : les changements sont apportés directement sur un même fichier informatique.

La Figure 1.2 ci-après représente les flux d'échanges liés à cela : à gauche les flux liés aux processus traditionnels, où tous les professionnels s'échangent des informations dans tous les

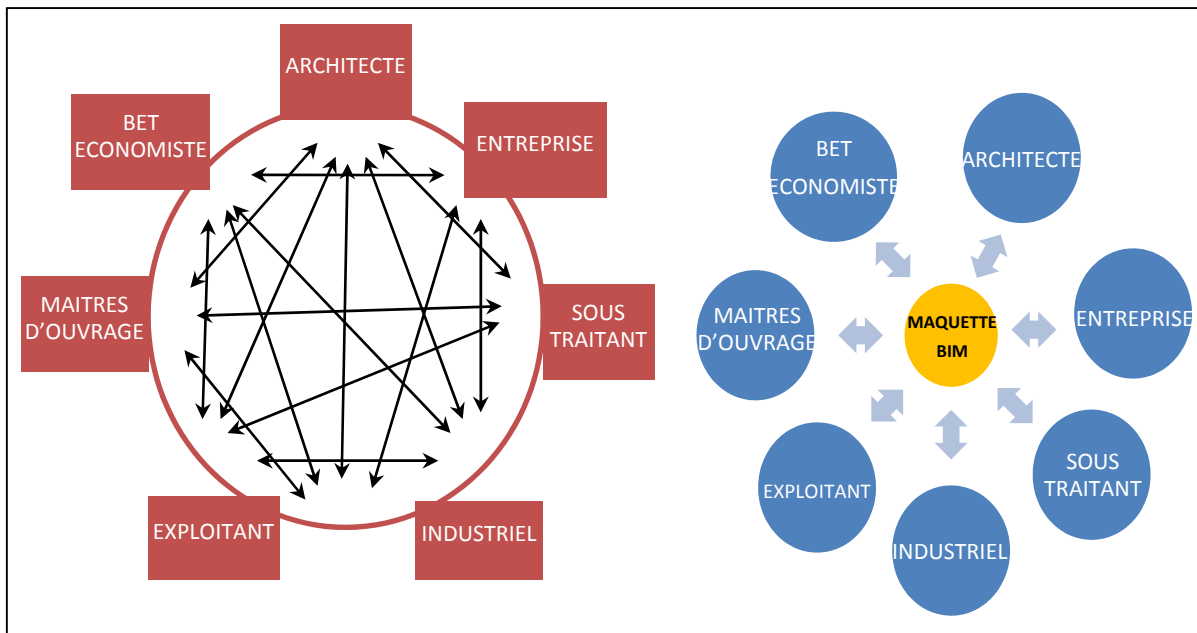


Figure 1.2 Comparaison des processus de travail. A gauche : traditionnel, à droite : en BIM

Source : document de formation interne de l'entreprise (AIA)

sens. A droite, les flux liés aux processus BIM : tous les professionnels n'ont qu'un échange bidirectionnel qu'avec le fichier central qu'est le modèle 3D.

Contexte juridique

Selon Succar (2009), les meilleures pratiques BIM comprennent des facteurs **externes** à l'organisation qui influencent la collaboration entre l'entreprise et ses partenaires. Les relations contractuelles favorisant le partage de l'information et la collaboration, ainsi que la protection légale des collaborateurs, en sont deux.

Le contexte juridique du projet aurait un gros impact sur sa gestion (Forgues et Staub-French, 2014). Les **relations contractuelles** ne sont pas toutes propices au BIM : la règle du plus bas soumissionnaire (très présente dans le secteur public) ne favorise pas son implantation puisqu'il est souvent plus cher sur le court terme, même si économique sur le long. Contractuellement, lorsqu'elles répondent à un appel d'offre, les entreprises doivent

actuellement soumettre des plans 2D à des formats spécifiques. Ces plans peuvent être extraits d'un modèle 3D, mais cela semble plutôt rajouter de la complexité au travail à effectuer.

Ce type de relation contractuelle resterait à adapter pour que le BIM puisse être intéressant. Il est également important de fixer les termes juridiques des nouveaux éléments apportés par l'utilisation du BIM : à qui appartient la maquette ? Qui la gère ?

Le fait de devoir réviser les contrats et les relations juridiques connues jusqu'à présent peut prendre du temps et demande de l'investissement.

Investissement de l'entreprise

Selon Succar (2009), les meilleures pratiques BIM comprennent également divers facteurs **internes** à l'organisation qui influencent la collaboration entre l'entreprise et ses partenaires. L'implication de la direction de l'entreprise, le haut niveau de formation des membres (la formation continue des ressources humaines pour apprendre la nouvelle technologie), et un programme d'incitation des employés sont des facteurs internes centraux. Il peut s'avérer difficile de convaincre la direction d'adopter les nouveaux paradigmes (Partridge et al., 2007) : un important remaniement de l'organisation est nécessaire. Un investissement financier est également nécessaire : pour de nouveaux logiciels (achat de licences), des formations du personnel, éventuellement embauches de spécialistes ou de consultants...

Pendant la période de formation et de transition, une baisse de productivité est envisageable (Partridge et al., 2007) : le temps que l'équipe se familiarise avec le logiciel, que les entreprises s'habituent à travailler en collaboration en utilisant le BIM, etc.

De plus, il est difficile d'évaluer l'impact du BIM (Forgues et Staub-French, 2014; Miettinen et Paavola, 2014). Sur un projet, il y a toujours un grand nombre de paramètres qui varient : il est difficile d'isoler le facteur BIM de tous les autres facteurs.

Stratégiquement, il est essentiel de définir le rôle et les responsabilités des intervenants (Forgues et Staub-French, 2014). La leçon tirée des observations effectuées est la nécessité d'avoir une **stratégie d'approche** quant à l'organisation (comme par exemple un plan d'action défini, la création d'un poste de coordinateur BIM, de gestionnaire BIM...).

« Adopter le BIM sans aucun **plan** peut revenir à partir en voyage, sans se rendre compte de tous les bagages qu'on emmène et qui peuvent nous ralentir »² (Deutsch, 2011, p. 5)

D'après cet état de l'art, l'implémentation du BIM pousse l'entreprise à adapter ses pratiques et à apporter des changements majeurs dans sa gestion des projets et son organisation.

1.1.5 Critique

La revue de littérature effectuée jusqu'ici montre que le BIM promet de nombreux avantages mais demande beaucoup de changement. Toutefois certains points sont à appréhender avec un certain recul : ils ont été qualifiés d'**utopie BIM** (Miettinen et al., 2012; Miettinen et Paavola, 2014), c'est-à-dire qu'ils constituent l'objectif « ultime » de l'implémentation du BIM mais sans pouvoir vraiment être atteints.

Ces points sont :

- toutes les données concernant la conception et la construction d'un bâti seront incluses dans un unique modèle 3D (et/ou un répertoire commun) ;
- les échanges d'information entre les partenaires seront facilités par la standardisation des fichiers (par exemple, le format IFC) ;
- le modèle sera maintenu et exploité tout au long de la vie de l'équipement (c'est-à-dire de sa conception à son exploitation) ;

² Traduction de l'auteur

- le BIM permettra une augmentation de l'efficacité et de la productivité de l'industrie de la construction.

Ces quatre points sont les objectifs visés par toute entreprise souhaitant implémenter les technologies liées au BIM – toutefois l'atteinte simultanée et optimale des quatre points peut sembler **utopique**.

De plus le BIM, même s'il peut apporter beaucoup, ne résout pas tout. D'après une étude menée sur cinq équipes et trois projets différents (Dossick et Neff, 2011), le BIM permet de **trouver** les problèmes, de les expliciter mais il ne supporte pas le **dialogue** qui permet de les résoudre. Celui-ci, nécessaire pour avancer, reste la responsabilité des **acteurs** du projet.

L'implémentation du BIM, cette nouvelle technologie dont la finalité est qualifiée d'utopie, reste donc la responsabilité des acteurs de l'entreprise.

Après avoir explicité le cadre du BIM, la suite du texte développe à présent l'impact que peut avoir l'implémentation d'une nouvelle technologie sur une entreprise – puis plus particulièrement sur le cas du BIM.

1.2 Impact sur l'organisation

Lors de l'implémentation d'une nouvelle technologie au sein d'une entreprise, les relations sont affectées. De nouveaux rôles apparaissent, de nouvelles technologies doivent être maîtrisées. Ces nouveautés apportent donc des changements dans l'organisation interne, et notamment au sein des équipes de projet.

C'est de cela qu'est tirée la question centrale à laquelle ce mémoire souhaite répondre : suite à l'implémentation déjà réalisée du BIM dans une agence d'architecture, **comment l'organisation de l'entreprise, à l'échelle des projets, a-t-elle évolué autour du BIM ?**

Afin d'appréhender les changements de l'activité au sein d'une équipe de projet, il faut prendre en compte les deux échelles d'activité humaine existant autour d'un projet de conception : l'activité individuelle et l'activité collective.

1.2.1 Activité individuelle et activité collective

L'activité individuelle désigne le travail effectué par un individu seul. L'activité collective désigne une activité impliquant la participation de plusieurs acteurs. Ce terme est ici pris au sens large, c'est-à-dire qu'il englobe toute activité réalisée en collaboration par plusieurs acteurs.

D'après Rogalski (1994), au-delà des exigences d'une tâche, l'activité collective a des exigences qui concerne la coordination des activités individuelles, du point de vue de leur logique mais surtout de leur organisation (dans l'espace, dans le temps et selon les ressources). La **communication** est un outil majeur pour cette coordination : les acteurs doivent communiquer entre eux pour fixer le cadre de leurs activités (individuelles comme collectives), répartir les tâches, mettre en place des outils de partage de documents et d'informations, etc.

Au vu de notre contexte, l'activité **collective** semble inévitable (Ben Rajeb, 2012; Vernhet, 2014). Le but ici est de cibler les aspects de cette activité qui permettront de définir le cadre de la recherche.

1.2.2 Typologies d'activité collective

C'est un concept qui a fait l'objet de nombreuses recherches, et a été analysé de nombreuses façons. Plusieurs typologies d'activité collective se distinguent, et parmi elles deux concernent particulièrement ce projet (Ben Rajeb, 2012) :

- typologie liée à l'identité des acteurs et à leurs relations hiérarchiques ;
- typologie liée à l'objet, aux types d'échanges et aux outils utilisés.

Afin de comprendre ce qui permettra d'analyser l'activité de l'agence et comment, ces typologies vont être expliquées ici.

1) La typologie liée aux acteurs

Pour Bucciarelli (1988) dans Ben Rajeb (2012), qui a été un des premiers chercheurs à utiliser l'ethnographie pour analyser l'activité collective, celle-ci se développe à partir d'interactions sociales entre les concepteurs. Cette typologie s'adresse aux relations entre les différents membres d'une équipe. D'après Rogalski (1994), on distingue dans le travail collectif une dimension horizontale et une dimension verticale. La dimension **horizontale** correspond à l'activité d'un même niveau d'analyse hiérarchique des tâches. La dimension **verticale** correspond à la situation où un acteur responsable d'une mission délègue le traitement d'une ou plusieurs tâches à un ou plusieurs opérateurs. Il s'agit donc de relations hiérarchiques.

2) La typologie liée à l'objet

Metz, Renaut et Cassier (2006) dans Ben Rajeb (2012) montrent que l'activité collective liée à l'objet est partagée entre deux types d'activités :

- les activités « itératives et créatives » : échange d'idées entre les concepteurs ;
- les activités de coordination des tâches et de partages d'informations entre les concepteurs.

Afin d'étudier les changements au sein de l'organisation d'une entreprise suite à l'implémentation du BIM, une observation au sein des équipes sera portée sur la typologie liée aux acteurs (rôles et postes, relations hiérarchiques) et à l'objet (gestion de la maquette, partage des données).

1.3 Implémentation de la technologie

Dans une première partie, le concept de la maturité et l'implémentation d'une nouvelle technologie seront expliqués ; puis plus spécifiquement les différents **niveaux** de maturité liés à l'implémentation du BIM et la littérature existant à ce sujet.

1.3.1 Implémentation

Basé sur la littérature présentée dans cette partie, le niveau d'implémentation du BIM est défini via différents niveaux de maturité.

Le terme de *maturité* désigne dans la langue française l'étape dans laquelle un organisme a atteint son plein développement, et peut alors être qualifié de « mûr ». Dans le cadre de notre recherche, ce terme désigne l'évolution d'une entreprise (l'organisme) dans son développement lié à l'implémentation du BIM. Il s'agirait alors d'évoluer entre un stade initial, dans lequel le BIM n'est pas présent, et un stade final, dans lequel le BIM est implémenté au sein de l'entreprise et exploité au maximum de ses possibilités.

Avant de rentrer dans le sujet de l'implémentation du BIM, la théorie développée par Venkatraman (1994) permet d'ouvrir le sujet. Cet auteur développe le sujet de l'implémentation d'une nouvelle technologie au sein d'une entreprise, et ce quel que soit le domaine de pratiques de l'entreprise. Cette implémentation amène de nouveaux aspects à prendre en considération dans une entreprise, autant du côté des technologies que des processus. Venkatraman (1994) divise ces changements en cinq niveaux (voir Figure 1.3).

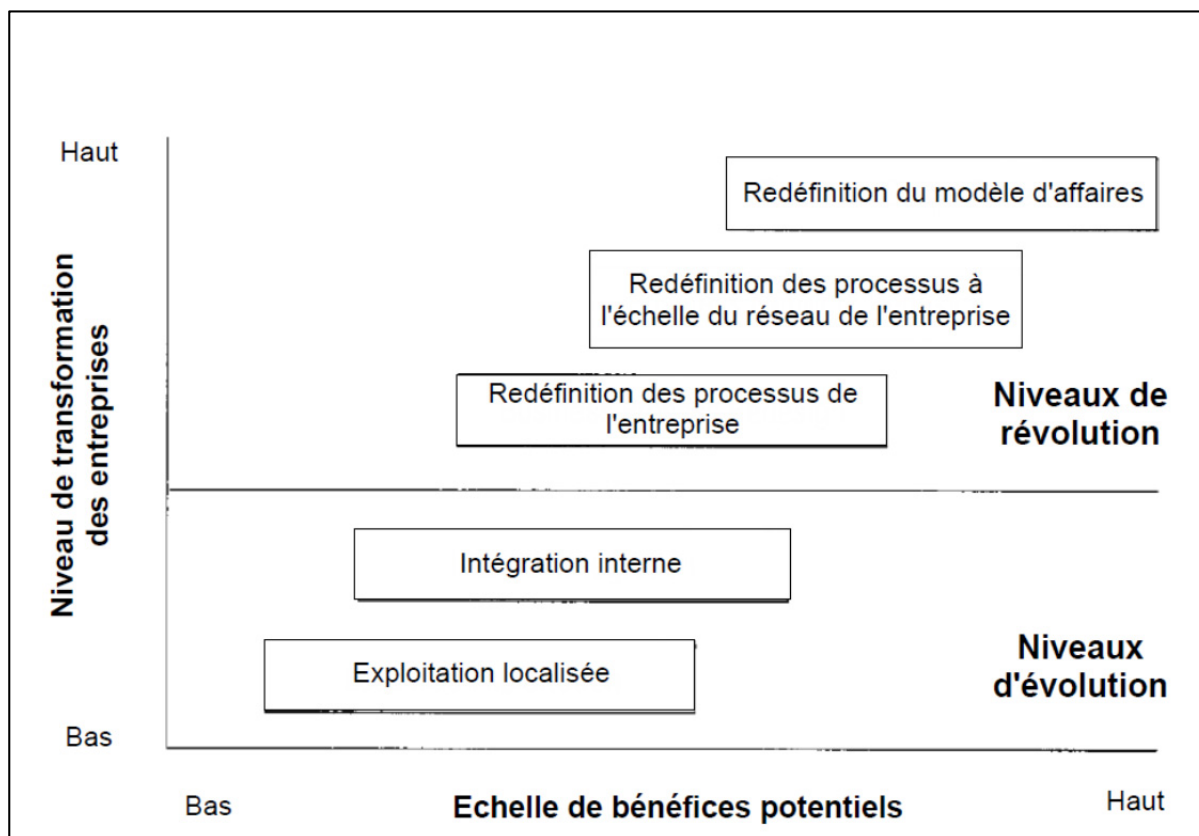


Figure 1.3 Les cinq niveaux de transformation des entreprises
Tirée de Venkatraman (1994)

On peut résumer ces cinq niveaux de la manière suivante.

Exploitation localisée

L'entreprise souhaite utiliser une nouvelle technologie (un nouveau logiciel, du nouveau matériel...). À ce niveau, la technologie en question est achetée, mise en place, et utilisée de façon limitée : c'est-à-dire pour effectuer le même travail que celui qu'on effectuait avant sa mise en place.

Intégration interne

À ce stade, la technologie est plus intégrée au sein de l'entreprise – les différents systèmes et logiciels sont reliés (au lieu que chacun soit indépendant), et de la même façon les processus sont reliés (au lieu que chacun ait un rôle indépendant).

Ces deux premiers niveaux sont considérés comme une **évolution** de l'entreprise : ils ne demandent que des changements minimes dans leurs processus.

Redéfinition des processus de l'entreprise

Ce troisième niveau met l'accent sur le fait que les bénéfices d'une technologie ne seront pas vraiment atteints si celle-ci est superposée sur les processus courants de l'entreprise. Ces processus ont été définis pour répondre à un besoin en utilisant des moyens, qui ne sont plus les mêmes aujourd'hui.

Redéfinition des processus à l'échelle du réseau de l'entreprise

Les trois niveaux précédents se concentrent sur l'implémentation d'une technologie et son impact au sein même d'une entreprise. Ici, on passe à l'étape suivante : la redéfinition de la nature des échanges entre les différentes entreprises dans un réseau, via le déploiement intégré de nouvelles technologies.

Redéfinition du modèle d'affaires

Après avoir implémenté la nouvelle technologie et dépassé les quatre niveaux précédemment cités, il s'agit ici de redéfinir le modèle d'affaires de l'entreprise. Cela implique un repositionnement de la stratégie d'affaires, permettant de maximiser les avantages offerts par la technologie.

Selon l'auteur, plus on avance dans les niveaux, plus les bénéfices potentiels de l'implémentation sont grands ; mais plus les changements organisationnels nécessaires seront importants.

Venkatraman (1994) trace bien la différence entre **évolution** et **révolution** au sein de l'entreprise suite à l'implémentation de nouvelles technologies. Pour dépasser le stade de l'évolution et passer à la révolution, il s'agit de **remodeler** les modes de fonctionnement et les processus à l'échelle interne, puis externe de l'entreprise ; puis enfin à l'échelle globale du marché. Imposer la technologie sur les processus actuels ne permet pas de l'exploiter au

maximum de ses capacités. C'est-à-dire que l'objectif n'est pas seulement de télécharger un nouveau logiciel à utiliser pour certaines tâches, tout en gardant les processus connus (exploitation locale, premier niveau, voir Figure 1.3) – mais de revoir et d'optimiser la chaîne de processus existants pour maximiser les retombées des technologies implantées.

À travers l'avancement dans ces cinq niveaux et le passage de l'évolution à la révolution, on retrouve ici le concept de **maturité** dans l'implémentation d'une nouvelle technologie.

La théorie de Venkatraman (1994) peut à présent être appliquée au cas du BIM (Tableau 1.1). C'est en effet une technologie qui **peut** être utilisée de manière locale, sans fondamentalement modifier les habitudes de travail de l'entreprise : mais cela ne permettra pas d'exploiter pleinement son potentiel et d'atteindre le meilleur niveau de maturité.

Tableau 1.1 Alignement des technologies : application au BIM
Tiré de Venkatraman (1994)

	Evolution		Révolution		
Venkatraman (1994)	Exploitation localisée	Intégration interne	Redéfinition des processus à l'échelle de l'entreprise	Redéfinition des processus à l'échelle du réseau de l'entreprise	Redéfinition du modèle d'affaires
Appliqué au BIM	Utilisation d'un nouveau logiciel (exemple: Revit) sur un projet	Création de postes pour permettre une meilleure implémentation	Révision des processus et de l'organisation interne	Révision des processus et de l'organisation interne et externe	Réflexion aux nouvelles possibilités de marché apportées par le BIM

L'évolution décrite par Venkatraman (1994) correspond dans le cadre du BIM à l'implémentation de la **technologie** sans adapter les processus mis en place et l'organisation de l'entreprise. En revanche la révolution implique une révision des processus de travail (à l'interne et à l'externe) ainsi que de l'organisation existante (temps de travail, répartition des tâches, etc. – voir 1.1.3).

Il est possible d'effectuer une analogie entre la théorie d'*évolution* et de *révolution* de Venkatraman (1994) et les deux niveaux d'exploitation du BIM développés par Volk, Stengel et Schultmann (2013) : le "**petit BIM**" (*BIM in the narrow sense*) et le "**grand BIM**" (*BIM in the broader sense*).

La Figure 1.4 montre graphiquement la différence entre ces deux dimensions d'exploitation du BIM.

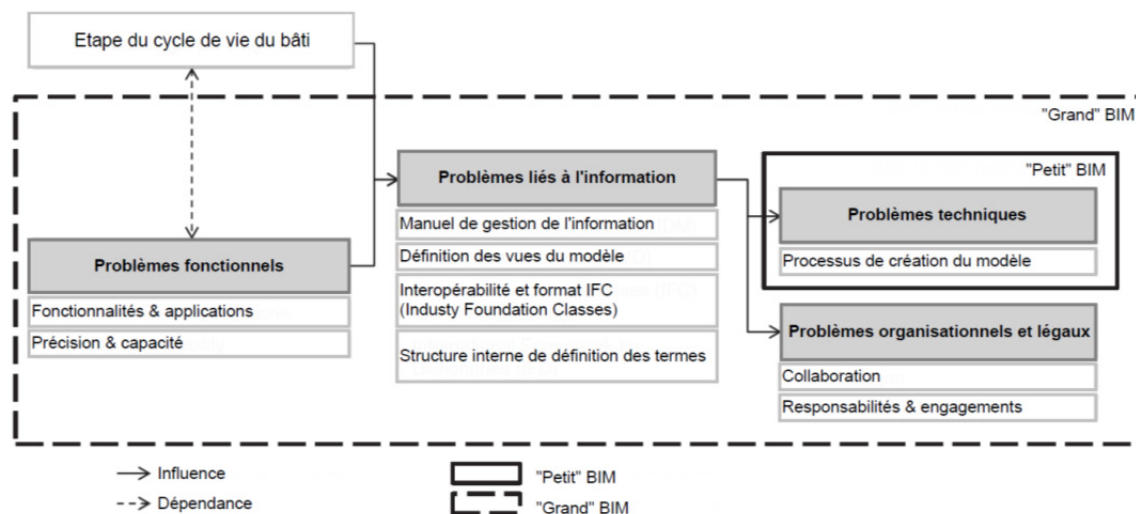


Figure 1.4 "Petit" BIM VS "grand" BIM
Adaptée de Volk, Stengel et Schultmann (2013)

La nuance entre ces deux niveaux d'exploitation est la suivante : dans le *petit BIM*, la technologie liée au BIM est utilisée sur un projet traditionnel. L'activité est *individuelle* à l'échelle des entreprises : c'est-à-dire qu'un modèle numérique est produit via l'utilisation d'un logiciel BIM (comme le montre la Figure 1.4), mais l'implémentation ne va pas plus loin : c'est ce qu'on appelle le « lonely BIM ». On peut ici faire un lien direct avec l'*évolution* de Venkatraman.

Dans le *grand BIM*, les aspects liés à l'organisation et aux processus sont révisés. Le BIM est implémenté au-delà de la technologie, la structure même de l'entreprise (organisation, processus, fonctionnement) est adaptée à cette implémentation. L'activité est ici *collective* :

l'entreprise ne travaille plus seule à la réalisation d'un modèle numérique, mais collabore avec les autres entreprises pour réaliser un modèle partagé : c'est ce qu'est le « collective BIM ». On peut faire un lien direct avec la *révolution* de Venkatraman.

L'alignement dynamique des technologies de Venkatraman, expliquant qu'il faut non seulement intégrer la technologie en elle-même mais remodeler les processus pour l'exploiter à son maximum, qui s'adresse aux nouvelles technologies de façon générale, s'appliquerait donc particulièrement au cas du BIM. C'est-à-dire qu'il faut donc bien nuancer « utiliser un logiciel » et « faire du BIM » : le premier n'implique pas forcément le second.

« Utiliser Revit, ou n'importe quelle plateforme BIM comme un simple outil de visualisation ou de production de document, revient à utiliser un ordinateur portable comme marteau ».³ (Pollard, 2009)

Cette partie permet donc de conclure que d'après ces références, une implémentation du BIM n'implique pas seulement l'utilisation de technologies nouvelles mais également la révision des processus et des pratiques de l'entreprise. Il faut nuancer ce qu'on appelle l'implémentation, à ne pas confondre avec l'exploitation d'un logiciel : ne pas s'arrêter à l'*évolution*, mais viser la *révolution* afin d'atteindre le potentiel d'amélioration de la technologie. Le niveau de maturité qu'il est possible d'atteindre passe par un changement organisationnel important.

Afin de situer une entreprise par rapport à cette implémentation, il faudrait donc pouvoir appréhender le niveau de maturité qu'elle a atteint.

Dans ce but, les différentes grilles d'évaluation du niveau de maturité d'une entreprise existant dans la littérature sont maintenant étudiées.

³ Traduction de l'auteur

1.3.2 Niveaux de maturité

Cette partie a pour but de proposer différentes grilles de positionnement du niveau de maturité lié à l'implémentation du BIM au sein d'une entreprise. Cela permet ensuite de définir les *filtres* à travers lesquels il faudra observer l'entreprise, pour comprendre où elle se situe par rapport au BIM.

Plusieurs sources définissent des niveaux de maturité, qui sont présentés différemment mais qui, souvent, se recoupent. Le Tableau 1.2 (page 26) regroupe les niveaux de maturité définis par trois différentes recherches, qui sont mis en parallèle afin de mettre en avant leurs points communs et leurs divergences.

Un article français, (Bleyenheuft, 2015) sépare les usages du BIM en quatre niveaux (voir la Figure 1.5), qui peuvent également être mis en parallèle avec les différents niveaux détaillés dans le Tableau 1.2.

Niveau 0 dessin 2 D		Niveau 1 : 2D, 2.5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
							
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2.5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
Travail isolé				Travail collaboratif			

Figure 1.5 Les niveaux du BIM
Tirée de Bleyenheuft (2015)

Ces quatre niveaux s'expliquent comme suit :

- niveau 0 : dessin 2D. Aucune implémentation du BIM ou de technologies liées. On réalise des plans papiers, en DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) ;

- niveau 1 : dessin 3D. Cela se rapproche du BIM via la réalisation de modèles en 3D, mais de façon isolée. Par exemple, l'architecte réalise une maquette 3D mais effectue ensuite des exports traditionnels en plan pour communiquer avec les autres intervenants ;
- niveau 2 : maquette numérique. Les intervenants font des maquettes et effectuent ensuite des échanges mono ou bidirectionnels des fichiers. Toutefois les maquettes ne sont pas liées, et ce n'est que via ces envois que les intervenants récupèrent des informations ;
- niveau 3 : maquette numérique intégrée. Ici, tous les intervenants travaillent en parallèle sur une maquette centralisée (sur une plateforme Cloud par exemple, c'est-à-dire stockée en ligne). La récupération d'informations et les modifications sont effectuées de façon simultanée.

Dans cette définition des niveaux de maturité, la limite entre l'*évolution* et la *révolution* développée dans la partie précédente se situerait entre le niveau 1 et le niveau 2 : en effet, le niveau 1 parle d'un BIM solitaire (où par exemple seul l'architecte réalise une maquette) mais qui reste dans le cadre d'un projet traditionnel ; puis à partir du niveau 2, tous les intervenants travaillent sur une maquette et effectuent des échanges de fichiers : les processus de gestion du projet sont donc modifiés et on peut parler ici de BIM collaboratif.

Basé sur les conclusions de la partie précédente, le défaut de cet article est qu'il définit les niveaux de maturité du BIM en fonction de la maquette et de la technologie. Il n'y a que peu de mention de l'organisation et des processus.

Tableau 1.2 Comparaison des niveaux d'implémentation
Traduction de l'auteur

Les différents paradigmes du BIM dans les projets (Taylor et Bernstein, 2009)	BIM suivant l'IRAC (Institut Royal d'Architecture du Canada) (Partridge et al., 2007)	Matrice de maturité de B. Succar (Succar, 2009)
		Pré BIM Utilisation de documents 2D pour décrire une réalité 3D. Quantités, coûts et spécifications ne sont pas issues d'un modèle visuel ni lié aux documents. Workflow : linéaire et asynchrone.
Paradigme de visualisation Le BIM est utilisé comme un moyen d'améliorer la visualisation et la communication aux autres partis impliqués. C'est au début de l'utilisation du BIM qu'on se place dans ce cas : les entreprises n'ayant jamais utilisé le BIM le voient comme un moyen d'améliorer la visualisation.	Visualisation On envisage, on voit comment ça marche. Recommandé de tester sur un (petit) projet.	1 : modélisation basée objet Utilisation d'un logiciel paramétré basé sur un objet 3D (Revit, ArchiCAD...). Modèle mono disciplinaire en phase de conception, construction ou opération. Changements mineurs : relations contractuelles, risques, et organisation persistent. Pratiques collaboratives : similaires au pré BIM.

Les différents paradigmes du BIM dans les projets (Taylor et Bernstein, 2009)	BIM suivant l'IRAC (Institut Royal d'Architecture du Canada) (Partridge et al., 2007)	Matrice de maturité de B. Succar (Succar, 2009)
Paradigme de coordination On utilise le BIM pour améliorer la coordination entre les entreprises au travers du réseau du projet. La visualisation est toujours présente, mais plus seule. Des études ont montré que les entreprises ont plus de mal à dépasser ce paradigme pour atteindre les niveaux supérieurs du BIM.	Production des dessins Plus de collaboration, diminue l'incidence des erreurs. Choix du logiciel.	2 : collaboration basée objet Expertise en modélisation acquise à l'étape 1 : ici, on collabore entre gens qui ont acquis ces compétences. Echange de modèles. Travail toujours asynchrone, mais les séparations existant en pré BIM (entre rôles, disciplines, et phases de construction) s'estompent un peu.
	Coordination Logiciel : réflexion à l'achat d'une suite de logiciels. Pour pouvoir coordonner avec les autres disciplines. Format, compatibilité avec les consultants ?	

Les différents paradigmes du BIM dans les projets (Taylor et Bernstein, 2009)	BIM suivant l'IRAC (Institut Royal d'Architecture du Canada) (Partridge et al., 2007)	Matrice de maturité de B. Succar (Succar, 2009)
Paradigme d'analyse Les entreprises partagent les fichiers électroniques avec d'autres entreprises. Ce paradigme demande une certaine expertise (généralement après une vingtaine de projets réalisés). Des possibilités analytiques : impact des modifications apportées au design sur le coût, analyse feu, modélisation dynamique thermique...	Analyse Permet l'expansion : conception durable (simulations énergétiques...). Plus estimation des coûts, calcul des surfaces, gestion d'installations...	3 : intégration basée réseau Les modèles sont créés, partagés et maintenus collaborativement tout au long du cycle de vie du projet. Modèle interdisciplinaire, permettant des analyses complexes au début des projets. Les phases du projet (utilisées avant) se floutent, formant un projet « sans phases ».
Paradigme d'intégration à la chaîne de production Par exemple, automatisation du processus de spécification des fenêtres (utilisant 100 à 150 paramètres). Ce niveau d'utilisation du BIM demande une expertise énorme.	Chaîne d'approvisionnement	IPD et implémentation du BIM au long terme Plus clair pour l'industrie : « technologie complètement intégrée et automatisée ».

Ces trois références proposent des niveaux de maturité qui peuvent être mis en parallèle.

En réunissant les informations, cinq niveaux de maturité sont identifiés :

- le pré-BIM (Succar, 2009). Comme dans le découpage développé précédemment, ici aucun BIM n'est utilisé, seulement des documents 2D ;
- la visualisation. Ici, un modèle 3D est créé, mais n'est pas complètement exploité. Il s'agit d'un premier pas dans le BIM : ces modèles sont ensuite utilisés comme outil de visualisation, pour montrer au client par exemple. Les processus et l'organisation ne sont pas remodelés ici (il y a une *évolution*, mais pas encore de *révolution* (Venkatraman, 1994)) ;
- la coordination. Les différents acteurs ayant ici développé de leur côté le BIM en visualisation, ils peuvent à présent se coordonner : échanges de modèles, d'informations ; choix du logiciel et étude de compatibilité entre les logiciels utilisés. Des études ont montré que ce niveau de maturité est difficile à dépasser pour la plupart des entreprises (Taylor et Bernstein, 2009) ;
- l'analyse. A ce niveau, les acteurs partagent leurs fichiers électroniques, et les maquettes sont utilisées pour différentes possibilités analytiques : estimation des coûts, modélisations thermiques et dynamiques, analyse au feu... Il s'agit donc non plus de simplement modéliser le bâtiment, mais d'utiliser les *informations* (le I du BIM) de la maquette pour travailler. Ce niveau de maturité demande donc un changement des pratiques de travail ;
- la chaîne de production ou d'approvisionnement : la technologie est complètement intégrée et automatisée (Succar, 2009). On peut à présent parler de *révolution* (Venkatraman, 1994).

Les trois références présentées ici proposent donc des niveaux de maturité qui nécessitent une vision globale : ils permettent d'appréhender le fonctionnement de l'entreprise autour du BIM de façon générale. Cependant, leur principale faiblesse est qu'ils ne permettent pas d'étudier le niveau de maturité spécifique d'un projet ou d'un type d'acteurs du projet, mais restent généraux à l'ensemble de l'entreprise. Afin de les comparer avec une référence

proposant un niveau d'observation plus précis, une dernière grille de maturité est à présent étudiée.

Le CIC (Computer Integrated Construction research program), un groupement de recherche du département architecture et ingénierie de l'université de Penn State, a publié dans un guide (CIC, 2013) un profil d'évaluation de l'organisation du BIM.

Dans une matrice, une liste de critères est définie en six catégories :

- stratégie : ce critère concerne la mission que se fixe l'entreprise vis-à-vis de l'intégration du BIM, et la vision qu'ils en ont. Il concerne également l'implication de l'administration, la présence d'un gestionnaire BIM et la création d'un comité d'organisation dédié au BIM ;
- usages : ce critère concerne les méthodes spécifiques liées à l'intégration du BIM, au sein de l'entreprise et à l'externe ;
- processus : ce critère concerne la mise en place d'un cadre documenté permettant d'intégrer le BIM ;
- information : ce critère concerne le niveau de détail des informations rentrées dans la maquette, ainsi que les données requises pour la maintenance du bâti ;
- infrastructure : ce critère concerne la mise en place des systèmes technologiques et physiques nécessaires pour opérer le BIM au sein de l'entreprise (ordinateurs, serveurs internet, etc.) ;
- organisation : ce critère concerne les ressources humaines et leur organisation. Par exemple la définition des rôles et responsabilités des acteurs liés au BIM, leur formation, etc.

Cette grille de maturité est développée sous forme d'une grille **critériée**. Les six critères sont eux-mêmes divisés en plusieurs **points**.

Une échelle de notation (allant de 0 à 5, chaque note correspondant à un niveau de maturité, par exemple 0 à « Non existant » et 5 à « Optimisé ») permet d'évaluer chaque point. Pour chacun de ces points, chaque note correspond à un niveau bien précis, qui est explicité dans

le tableau. Le Tableau 1.3 montre un extrait de la grille de maturité : « Stratégie » est le premier critère défini par la grille, et « Mission et but organisationnel » est le premier point du critère.

Tableau 1.3 Extrait de la grille de maturité critériée
Adapté de CIC (2013)

Élément	Niveau de maturité					
	0 Non- Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Mission et but organisationnel	Pas de mission/but à l'échelle de l'organisation	Mission de base établie par l'organisation	Buts de base établis par l'organisation	Mission de l'organisation: but, services, valeurs (au moins)	Buts spécifiés, mesurables, atteignables, deadlines fixées	Missions & buts régulièrement vérifiés et remis à jour

En remplissant le niveau de maturité pour chaque point, un niveau de maturité par critère (en additionnant les points) peut être évalué.

Une « note » de maturité serait donc attribuée à chacun des six critères, permettant de visualiser les points forts et les points faibles d'un projet ou d'une entreprise.

La matrice originale est disponible en ANNEXE II.

1.4 Synthèse

Le BIM, tel que défini dans le cadre de ce mémoire, est donc à la fois un ensemble de **processus** de travail et de méthodes de gestion du projet (via une collaboration autour d'un modèle unique de toutes les parties prenantes), et une révolution **technologique** (via de nouveaux logiciels et la génération d'un modèle 3D).

Or, ce type d'implémentation de nouvelles technologies n'a pas un impact seulement technologique, mais aussi sur l'ensemble de l'entreprise. Pour maximiser les bénéfices, il faudrait **adapter** le fonctionnement global (les processus et l'organisation) en fonction de la technologie, et ne pas seulement la superposer sur le fonctionnement existant. Venkatraman (1994) fait une distinction entre ce qu'il nomme *évolution* et *révolution*, qui correspond à cette différence.

La littérature existant sur le sujet se concentre sur l'aspect technologique lié à cette implémentation et peu de recherches se sont penchées sur l'aspect organisationnel. C'est sur cet aspect que se concentrent nos recherches.

Afin de pouvoir estimer le changement organisationnel ayant eu lieu au sein de l'entreprise, le niveau de **maturité** de l'implémentation du BIM est abordé. En comparant les cinq références qui viennent d'être explicitées (voir 1.3.2) à ce propos, des différences importantes sont constatées :

- les trois grilles comparées (Partridge et al., 2007; Succar, 2009; Taylor et Bernstein, 2009) ainsi que l'article (Bleyenheuft, 2015) permettent un positionnement très général de l'entreprise, se basant sur un nombre de critères généraux. Ces références, de plus, proviennent d'un contexte plus théorique;
- la grille d'analyse du CIC (2013) propose une évaluation plus précise et un niveau de granularité plus important, avec six critères différents séparés en sous-questions et une grille d'évaluation donnant des « notes » de 0 à 5 (voir ANNEXE II). Cette grille a été

créée avec des données provenant d'expériences sur le terrain. Elle s'intègre dans le contexte d'un guide rédigé à l'intention des propriétaires et des clients.

Dans le cadre de notre recherche, cette dernière grille (CIC, 2013) correspond le mieux : le contexte permet en effet de recueillir des données en nombre suffisant pour compléter une grille détaillée. De plus, cette grille permet d'évaluer le niveau de maturité de l'entreprise sur six critères différents, tandis que les autres grilles proposées ne proposent qu'un positionnement général. Cela permettra de voir les points forts et les points faibles de l'entreprise.

Le cadre sur lequel est basée l'analyse est celui proposant la grille de maturité la plus détaillée, avec un niveau de détail et un système de notation qui correspond à ce qui est étudié : la grille de maturité définie par le CIC (2013).

Cependant cette grille a été conçue pour le contexte du client. Des adaptations dues au contexte sont à envisager, notamment pour arriver à un modèle destiné à une agence d'architecture et non à un client : les objectifs ne sont pas les mêmes. Le client pense avant tout à la gestion et à l'exploitation du bâti, tandis que l'architecte qui travaille en phase de conception pense avant tout à la construction du bâti.

Dans la partie dédiée à la méthodologie, les modifications apportées à cette grille de maturité afin d'effectuer une analyse plus adaptée au cadre proposé sont discutées.

Cette recherche vise donc à déterminer le changement organisationnel ayant eu lieu suite à l'implémentation du BIM au sein d'une entreprise. Pour cela, une définition de leur niveau de maturité vis-à-vis de l'implémentation du BIM est utilisée ; elle permettra de positionner l'entreprise sur la grille du CIC (2013).

CHAPITRE 2

METHODOLOGIE

L'objectif de ce chapitre est de présenter la méthodologie mise en place. Dans un premier temps est développée la conception de la recherche, c'est-à-dire le type de recherche et son contexte. Puis les méthodes mises en place au sein d'une entreprise, leur origine théorique et le développement qui a conduit à utiliser ces méthodes spécifiques.

2.1 Représentation schématique

La Figure 2.1, ci-après, représente de façon schématique les différentes étapes méthodologiques mises en place dans le cadre de cette recherche.

La suite de ce chapitre développe ces étapes et les méthodes mises en place et représentées sur le schéma.

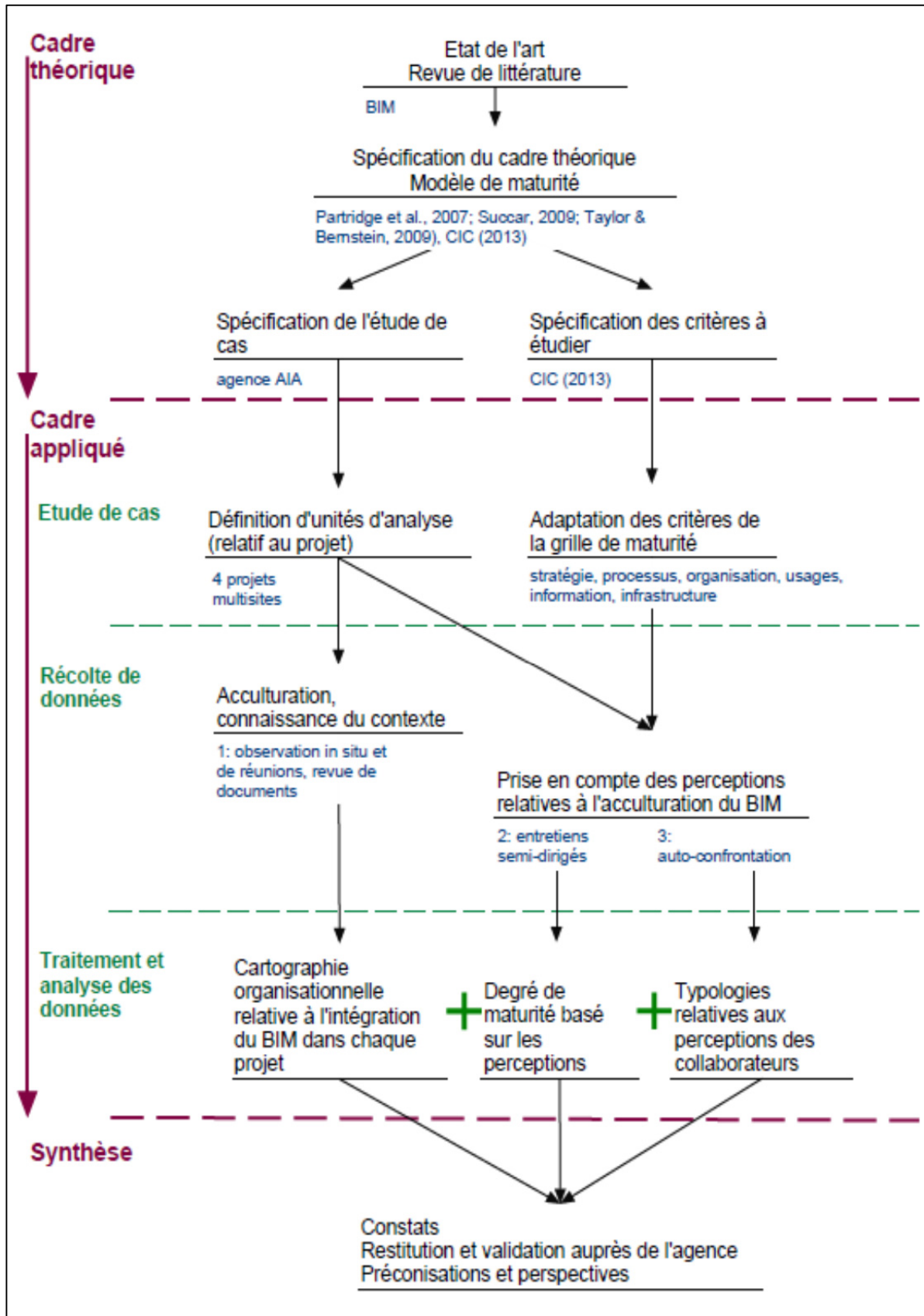


Figure 2.1 Représentation schématique des différentes étapes mises en place

2.2 Conception de la recherche

Comme le chapitre précédent le définit, notre **cadre de référence** se construit autour de références autour du BIM et son implantation au sein d'une entreprise. Plus spécifiquement, la grille critériée (CIC, 2013) modifiée pour s'adapter au contexte pour déterminer un niveau de maturité est utilisée.

Le projet se base sur une **étude exploratoire** : il s'intéresse à un champ de recherche qui est peu référencé dans la littérature. Ce type d'étude a donc pour objectif non seulement de répondre à la problématique posée, mais également de mettre en place une méthodologie permettant de recueillir et d'analyser les données nécessaires. Les variables étudiées ici sont nombreuses : la technologie, les types de projet, les interactions, les acteurs, les comportements entre les acteurs, etc.

La méthodologie mise en place pour étudier ces variables est l'**étude de cas** : il a été choisi d'observer les équipes de conception architecturale et d'ingénierie in-situ d'une agence européenne, notre étude de cas. L'**unité** d'analyse sera le projet.

2.3 Méthodes mises en place

Afin d'assurer la rigueur voulue à l'analyse, Yin (2014) préconise dans le cadre d'une étude de cas d'utiliser autant de sources de données que possible. Dans ce but, les **méthodes de cueillette** d'informations et de données utilisées sont : la revue documentaire, les observations de réunions et les observations in-situ, et les entretiens. Elles sont développées dans la suite de ce chapitre. La complémentarité des données recueillies par l'intermédiaire de ces trois méthodes permet de construire l'analyse.

La Figure 2.2 présente la planification détaillée de notre période in-situ. On peut y voir que l'étude se déroule dans trois agences réparties dans trois villes différentes, mais que la période la plus longue se déroule dans la première ville. Une période est également passée au

LUCID pour faire un point sur le projet au début et à la fin de la période in-situ, avant de retourner au GRIDD à Montréal pour finaliser le projet.

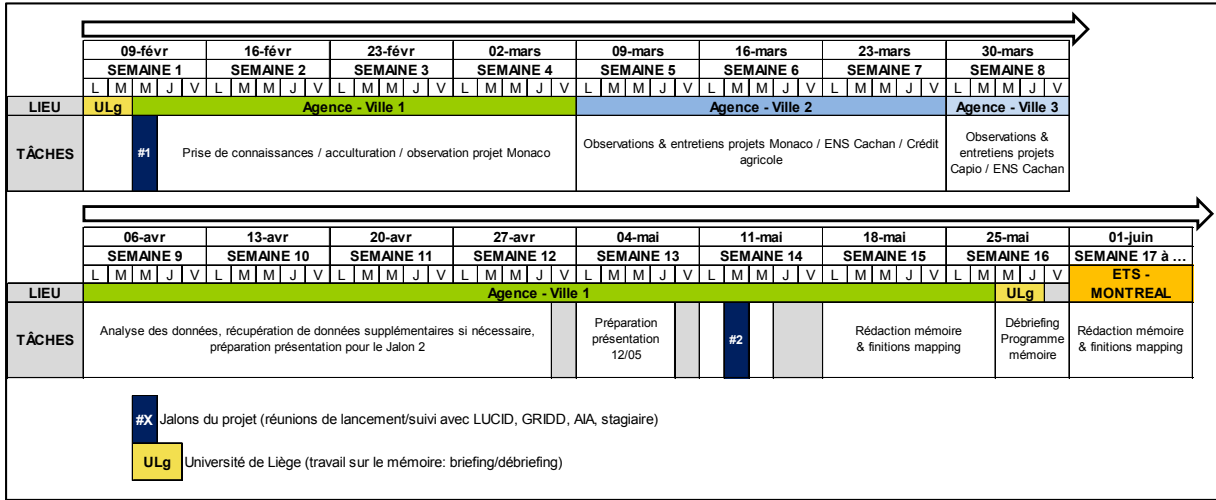


Figure 2.2 Planification détaillée de la période in-situ

Afin de développer notre étude exploratoire et d’apporter une perspective liée à l’organisation à la recherche sur le BIM, une perspective de la **psychologie cognitive** est apportée via des outils et des méthodes de cueillette et de traitement de données. Parmi les méthodes existantes, on trouve l’expérience en laboratoire, l’enquête, l’analyse protocole, l’atelier, le groupe de travail, la recherche action, etc. (Nguyen et Shanks, 2007). Chacune de ces méthodes s’adapte à un contexte et à un objectif de recherche. Le tableau disponible en ANNEXE III développe plus spécifiquement les références liées, les forces et les faiblesses de chacune.

Dans le cadre de cette recherche, les informations étudiées concernent les processus mis en place et les opinions personnelles des collaborateurs, qui sont donc des informations cognitives non mesurables. Les contraintes de temps qui sont imposées ne permettent pas de mettre en place une recherche action, dans laquelle il aurait été nécessaire de participer à un ou plusieurs projets.

La méthode d'analyse protocole permet de récupérer des données cognitives et des données de la typologie d'activité collective liée à l'objet : les activités itératives et créatives, ainsi que les activités de coordination et de partage d'informations. Il existe deux différents protocoles de cueillette de données dans ce contexte : le protocole rétrospectif et le protocole simultané.

Le protocole **rétrospectif**⁴ se déroule hors du contexte de la recherche, en laboratoire. Il consiste généralement en un retour en arrière sur un processus (ou un ensemble de processus), par exemple par l'intermédiaire d'entretiens avec les opérateurs concernés. Il se concentre sur le contenu cognitif (Gero et Tang, 2001).

Le protocole **simultané**⁵ se place dans une démarche anthropologique : le chercheur s'intègre dans le contexte de la recherche. La cueillette de données est ainsi basée sur une observation directe des processus, par exemple en observant un opérateur pendant la réalisation de son travail.

D'après plusieurs auteurs (Gero et Tang, 2001; Nguyen et Shanks, 2007), ces deux protocoles arrivent globalement à une même finalité de résultats ; toutefois le protocole rétrospectif semble procurer plus d'informations cognitives, le protocole simultané plus d'informations sur la création et la formulation des problèmes. Le choix dépend entièrement du contexte de la recherche, suivant les possibilités dont on dispose et les données que l'on cherche. Dans notre cadre, il a été choisi d'exploiter les deux protocoles afin d'optimiser la cueillette des données.

D'un côté, ayant la possibilité d'effectuer une démarche anthropologique en passant quatre mois au sein de l'entreprise étudiée, un protocole **simultané** est mis en place. L'objectif étant d'appréhender les processus liés au BIM au sein de l'entreprise, une période in-situ dans les trois agences principales de l'entreprise, dans trois villes différentes, est réalisée. En

⁴ « Retrospective protocol » » dans la littérature citée, traduction de l'auteur

⁵ « Concurrent protocol » dans la littérature citée, traduction de l'auteur

travaillant au sein des bureaux et en assistant à des réunions d'organisation, l'objectif est de s'intégrer à leur contexte social et organisationnel. Cette application du protocole simultané permet d'observer les typologies d'activité collective liées aux acteurs.

D'un autre côté, cette période d'immersion ne donne pas la possibilité de s'intégrer dans chacun des projets concernés par l'étude de cas : les projets, répartis sur trois différents sites, sont étudiés sur une période de temps limitée. Il n'est donc pas envisageable d'observer tous les acteurs pendant leur utilisation de processus et technologies liés au BIM. Un protocole **rétrospectif** est donc en partie mis en place, par le biais d'entretiens réalisés auprès des acteurs des différents projets. Cette application du protocole rétrospectif permet d'observer les typologies d'activité collectives liées aux acteurs et à l'objet (la maquette).

La faiblesse de cette méthode d'analyse est le fait qu'il est difficile de généraliser les conclusions à un domaine (Nguyen et Shanks, 2007). Dans notre contexte, chaque projet étant différent, une analyse des projets et du contexte donnés pourra être proposée mais difficilement généralisée à l'ensemble de l'entreprise.

2.3.1 Revue documentaire et observations

2.3.1.1 Revue documentaire et observation in-situ

Durant cette période, un accès aux serveurs de l'entreprise est mis à disposition, contenant divers types de documents. Ces serveurs sont parcourus dans l'objectif de consulter des documents permettant d'appréhender le fonctionnement de l'entreprise et des projets.

Les types de documents consultés sont les suivants :

- documents liés aux quatre projets étudiés :
 - présentations destinées aux clients (Power Point) ;
 - comptes rendus de réunions de projet internes (Word) ;
 - comptes rendus de réunions de projet avec des entreprises externes (Word) ;
 - cahiers thématiques (PDF).

- documents liés à l'entreprise :
 - présentation de l'organisation et des différentes filières (site Web) ;
 - intranet de l'entreprise (site Web).
- documents liés à l'implémentation du BIM :
 - présentation du BIM destinée à la formation des collaborateurs (Power Point) ;
 - présentations de l'organisation de l'agence autour du BIM (Power Point) ;
 - documents de présentation du BIM sur des projets spécifiques (PDF).

L'observation in-situ consiste en une période d'immersion dans l'entreprise. Un bureau sur un plateau en open-space est mis à disposition, ce qui permet d'être témoin des échanges journaliers entre les collaborateurs voisins. Toutefois, il n'a pas été possible d'avoir un bureau voisin des équipes des projets étudiés : l'observation est donc limitée.

2.3.1.2 Observation de réunions

Durant les quatre mois, il a été possible d'assister à un total de 11 réunions. Les sujets concernent principalement la gestion de l'entreprise et le BIM (réunions de coordination), il n'a été possible d'assister qu'à une ou deux réunions de projet. Le Tableau 2.1 donne la liste des réunions observées.

Tableau 2.1 Liste des réunions observées

Sujet de la réunion	Echelle / thème	Date	Lieu	Durée
CHPG	Projet / général	24/02/2015	Paris + Visio	2h30
Atelier chefs de projet	Gestion de projets / général	05/03/2015	Paris	2h
Réunion de coordination ingénieurs	Projet / général	09/03/2015	Nantes	2h
Réunion de projet	Projet / général	09/03/2015	Nantes	1h

Sujet de la réunion	Echelle / thème	Date	Lieu	Durée
Réunion BIM managers	Agences / BIM	11/03/2015	Nantes + Visio	1h
Réunion CVC - BIM	Gestion de projets / BIM	18/03/2015	Nantes	journée entière
Café BIM	Agence / BIM	30/03/2015	Lyon	1h
Réunion BIM managers	Agences / BIM	01/04/2015	Lyon + Visio	1h
Formation chefs de projets / BIM	Gestion de projets / BIM	08 & 09/04/2015	Paris	2 jours
Présentation BIM	Agence / BIM	10/04/2015	Lyon	demi-journée
Atelier chefs de projet	Gestion de projets / général	21/04/2015	Paris	2h

Les Tableau 2.2 et Tableau 2.3 donnent la liste des réunions observées, triées par type puis par lieux.

Tableau 2.2 Nombre de réunions observées (par type)

Type de réunion	Nombre	Durée moyenne
Réunion de projet	2	1h45
Réunion d'organisation générale	3	2h
Réunion BIM	6	5h10

Tableau 2.3 Nombre de réunions observées (par lieu)

Lieux de réunion	Nombre
Paris	4
Nantes	4
Lyon	3

La finalité de ces observations était de permettre une compréhension du fonctionnement de l'entreprise de façon générale, puis plus spécifiquement des équipes de projets ; ainsi que de la hiérarchie et des liens fonctionnant entre les collaborateurs. Elles permettaient également de positionner le BIM dans l'agence en assistant à des réunions de coordination de l'entreprise, afin de constater quand il est mentionné, à quelle fréquence, dans quel cadre, par qui...

La mise en place de cette méthode est limitée par le contexte : notre période in-situ étant de quatre mois seulement, et les équipes des quatre projets observés étant réparties dans plusieurs villes, il n'est pas possible d'assister à beaucoup de réunions de projet.

En effet, la période dans chaque agence était assez courte à l'échelle d'un projet et les équipes de projet n'ont pas eu le temps d'assimiler notre présence : en conséquence toutes les réunions de projet qui ont eu lieu pendant la période au sein de l'agence n'ont pas été accessibles. En revanche, comme le montre le Tableau 2.2, plus de réunions concernant directement le BIM et son implémentation l'ont été.

2.3.2 Entretiens

Ce sont ces entretiens qui constituent notre base de données centrale pour l'analyse. Notre contexte est en effet propice à cette méthode : du temps est passé dans plusieurs agences, sur plusieurs projets, et donne ainsi le temps de parler avec les acteurs.

Durant les trois mois consacrés à la collecte de données, un total de 31 entretiens a été réalisé. Ils se répartissent sur les trois villes visitées et les quatre projets étudiés (voir Tableau 2.4 et Tableau 2.5).

Tableau 2.4 Répartition des entretiens (par projet)

Projet	Nombre d'entretiens
BIM dans l'entreprise	7
Projet 1	9
Projet 2	8
Projet 3	6
Projet 4	5

Tableau 2.5 Répartition des entretiens (par ville)

Ville	Nombre d'entretiens
Ville 1	7
Ville 2	13
Ville 3	11

Afin de recueillir autant de données que possible, l'objectif étant d'étudier les projets depuis plusieurs points de vue, aucun acteur n'est exclu des entretiens. Chefs de projets, architectes, ingénieurs, projeteurs (c'est-à-dire les dessinateurs qui produisent directement sur la maquette), et membres de l'équipe BIM de l'entreprise (BIM managers et coordinateurs) sont rencontrés. La seule condition étant bien entendu d'avoir travaillé sur un ou plusieurs des quatre projets étudiés. Le Tableau 2.6 présente la liste des entretiens par poste.

Tableau 2.6 Répartition des entretiens (par poste)

Poste	Nombre d'entretiens
Equipe BIM	6
Architectes	11
Ingénieurs	11
Projeteurs	3

Les Tableau 2.7 et Tableau 2.8 montrent la durée moyenne des entretiens en fonction du projet concerné, puis en fonction du poste. Ils permettent de voir d’une part que les collaborateurs impliqués dans le projet 1 sont ceux qui discutent le plus longtemps tandis que ceux impliqués dans le projet 4 sont ceux qui discutent le moins, et d’autre part que les membres de l’équipe BIM discutent plus longtemps du sujet que tous les autres postes interviewés.

Tableau 2.7 Durée moyenne des entretiens (par projet)

Projet	Durée moyenne (mn)
BIM dans l'entreprise	54
Projet 1	54
Projet 2	49
Projet 3	42
Projet 4	34

Tableau 2.8 Durée moyenne des entretiens (par poste)

Poste	Durée moyenne (mn)
Equipe BIM	58
Architectes	44
Ingénieurs	47
Projeteurs	49

2.3.2.1 Mise en place des entretiens

Les collaborateurs ont été interrogés via des entretiens **semi-dirigés** : l’interviewer oriente la discussion suivant des axes qu’il souhaite aborder, et dispose pour cela d’une liste de questions, mais l’interviewé reste libre de s’exprimer. Cela permet d’obtenir des réponses plus complètes que via un questionnaire par exemple : en laissant les collaborateurs

s'exprimer plus librement, des choses auxquelles il aurait été possible de ne pas penser et qui n'auraient donc pas figuré dans un questionnaire peuvent ressortir.

Afin d'appréhender les perceptions qu'ont les acteurs des changements induits par l'implémentation du BIM, la grille d'entretien est construite sur la base de l'état de l'art effectué dans le CHAPITRE 1. Les grilles de maturité présentées (voir 1.3.2) sont utilisées pour déterminer les axes sur lesquels la cueillette de donnée s'appuiera.

L'objectif étant de pouvoir compléter la grille de maturité du CIC (2013), les six critères qu'ils déterminent ont été utilisés comme base principale pour organiser la liste de questions. Ils sont combinés pour créer trois points clés qui permettront d'orienter l'entretien de la façon souhaitée :

- 1) **stratégie et infrastructure** : cette première catégorie permet de poser des questions d'ordre général pour débiter la conversation. Premièrement les objectifs et la vision BIM de l'entreprise et les collaborateurs impliqués dans le développement du BIM, puis les moyens mis en place (formations, équipements, etc.).
- 2) **processus et organisation** : cette seconde catégorie permet de passer d'une discussion à l'échelle de l'entreprise à une discussion à l'échelle du projet. Il est ici mention de la documentation des processus mis en place, de l'organisation de l'équipe (hiérarchie, communication, etc.) et des postes de gestionnaire BIM et de chef de projet vis-à-vis des projets étudiés.
- 3) **usages et information** : cette dernière catégorie permet de rentrer dans le détail des maquettes et de leur gestion. Il s'agit des intervenants agissant sur les maquettes, du nombre de maquettes et de la liaison entre elles, des informations rentrées dans les maquettes, des partages de fichier entre les entreprises etc.

Ce découpage permet de structurer la conversation en commençant par des questions d'ordre général à l'échelle de l'entreprise, puis en passant par l'échelle du projet pour finir par des questions spécifiques à l'échelle de la maquette et de la technologie.

Le Tableau 2.9 regroupe ces trois points et les différentes sous catégories de questions qui ont permis de développer la grille d’entretiens.

Tableau 2.9 Points clés liés au niveau de maturité

Stratégie, infrastructure	Missions et objectifs de l’entreprise
	Responsabilités : personnel formé, rôles spécifiquement dédiés au BIM, responsabilités
	Moyens mis en place : plan d’implémentation, logiciels, ressources en support et gestion, budget...
	Infrastructures : logiciels, réseaux, espaces physiques... nécessaires
Processus, organisation	Relation entre les entreprises (collaboration)
	Gestion des projets à l’interne : adaptation des processus, organisation des équipes de projet
	Décrire les moyens d’atteindre les objectifs, documenter les processus actuels, développer un processus de transition
Usages, informations	Logiciels utilisés
	Livrables : plans 2D, modèle 3D (création, nombre, gestion, synchronisation...)
	Définition du modèle : informations nécessaires, éléments, niveaux de détails, gestion des maquettes...
	Exploitation du modèle : visualisation/communication, possibilités analytiques, intégration à la chaîne de production...
	Coordination autour du modèle : présence d’échanges entre les professionnels, entre les entreprises, entre les différents domaines

En se basant sur ces points clés déterminés via la revue de littérature (voir Tableau 2.9), une liste de questions (non exhaustive) permettant lors des entretiens de recueillir les informations souhaitées a été rédigée.

Il s'agit ici de récupérer les impressions, les opinions, le ressenti des collaborateurs sur tous ces aspects liés au BIM. L'objectif par la suite est de mettre en comparaison les réponses de tous les interviewés, en fonction de leurs rôles, de leur poste, de leur projet etc. afin de pouvoir tirer de cela une compréhension globale et aussi objective que possible de l'organisation des quatre projets.

Le Tableau 2.10 ci-après contient l'ensemble des questions posées aux acteurs, ainsi que l'objectif de chacune de ces questions, et le lien avec les critères de la grille de maturité de référence.

Tableau 2.10 Grille d'entretiens (questions, objectifs et références)

		Objectif(s)	Elément correspondant dans la grille de référence (CIC, 2013)
Stratégie / infrastructure			
Missions et buts / visions et objectifs	Quel est l'implication de l'organisation (entreprise) dans le BIM? Pourquoi l'implémenter? L'implémentation est-elle régulièrement suivie, le plan d'implémentation mis à jour?	- Appréhender l'échelle de l'implémentation du BIM au sein de l'entreprise - Déterminer la cohérence des missions BIM au sein de l'agence	Stratégie (Mission et but organisationnel Vision BIM et objectifs) Organisationnel (Préparation au changement)
Planification / comité BIM	Quels membres de l'entreprise sont-ils engagés là-dedans? Existe-t-il un comité? Si oui que fait-il, quand, à quelle fréquence? Combien de personnes (environ) sont dédiées au BIM dans l'entreprise? Qui sont-ils? Quels rôles ont-ils?	- Pouvoir comparer les points de vue des différents acteurs du projet	Stratégie (Comité BIM)
Support de gestion	Quelles sont les ressources et le budget mis par l'entreprise pour la réussite l'implémentation? Quels équipements?	- Déterminer si en fonction de la place occupée, l'implémentation est appréhendée de façon différente	Stratégie (Support de gestion) Infrastructures (Logiciels / équipements)
Champion BIM	Y a-t-il un "champion BIM"? Quelqu'un pour pousser l'entreprise dans cette direction? A quelle échelle y a-t-il des responsables BIM?		Stratégie (Champion BIM)
Formation	Quelle formation as-tu reçu concernant le BIM?	Appréhender le niveau de formation des collaborateurs	Organisationnel (Education/formation)

		Objectif(s)	Elément correspondant dans la grille de référence (CIC, 2013)
Processus / organisationnel			
Documentation / standardisation	Les processus BIM utilisés par l'entreprise sont-ils documentés quelque part? Si oui où, avec quelle précision? Par qui? Qui y a accès? Quand est-ce mis à jour?	Déterminer les processus de documentation, à l'interne et à l'externe	Processus (Processus projet Processus internes)
Aspect légal	Est-ce que les modèles contractuels sont revus pour intégrer le BIM? La maquette est-elle liée par un contrat? Vendue?	Déterminer les processus contractuels mis en place au sein de l'entreprise (fait partie des processus externes)	
Ressources humaines	Combien de personnes (environ) sont dédiées au BIM sur ce projet? Qui? Quels rôles ont-ils? Des postes ont-ils été créés dans ce cadre? Avec qui travailles-tu?	- Appréhender les rôles et responsabilités, et la hiérarchie - Confronter les points de vue de collaborateurs	Organisationnel (Rôles et Responsabilités Hiérarchie)
	Quelle est la place du chef de projet par rapport au gestionnaire BIM? Est-ce que son rôle a changé depuis le BIM? Quel est le rôle du gestionnaire BIM?	- Déterminer leur perception des rôles du chef de projet et du BIM manager - Appréhender les rôles et responsabilités, et la hiérarchie	
	Peux-tu tracer un organigramme de l'organisation de l'équipe au sein du projet	- "Obliger" les acteurs à visualiser l'organisation de l'équipe, et à l'expliquer	

		Objectif(s)	Elément correspondant dans la grille de référence (CIC, 2013)
Usages / informations			
Utilisation du BIM	Dans quelles phases du projet utilise-t-on le BIM? Pour quels aspects? Coûts? Planification? Maintenance? Est-il utilisé pour des analyses et vérifications? Si oui, lesquelles? A quel degré peut-on dire qu'on utilise le BIM (sur ce projet)? Utilise-t-on d'autres logiciels pour certains aspects ?	- Déterminer le degré d'utilisation du BIM sur un projet spécifique	Usages du BIM (Usages projet Usages internes) Information (Arborescence des éléments (MEB) Niveau de détail (LOD))
Modèle	A quel degré le BIM est-il partagé avec d'autres entreprises? Est-il utilisé pour montrer au client par exemple? Est-il créé en collaboration avec d'autres entreprises/disciplines, et synchronisé en temps réel? Y a-t-il plusieurs modèles (un ingénieur, un architecte par exemple)? Si oui combien? Comment fonctionne le lien entre les maquettes? La synchronisation entre elles? Qui a la main sur les maquettes?	- Déterminer l'usage de la maquette en lien avec d'autres entreprises, à l'interne - Comprendre les processus de gestion de la maquette : synchronisation, accès, nombre de maquettes, etc. - Déterminer le niveau de détail et l'arborescence des éléments	

De plus, afin d'obtenir des données valides, une attention particulière est prêtée à plusieurs points :

- dans la mesure du possible, toujours demander un exemple concret récent ou ramener le sujet à un projet lorsque l'interviewé s'exprime sur un point, afin de faire appel à sa mémoire courte ;

- ne porter aucun jugement de valeur sur le travail décrit, et se présenter comme « candide » : ayant besoin d'explications et étant présente pour apprendre d'eux ;
- effectuer autant que possible les entretiens dans des salles de réunions fermées, afin que les collaborateurs puissent s'exprimer plus librement, et qu'ils soient enregistrés pour traitement (sans qu'il n'y ait trop d'interférences dans la discussion).

Outre les réponses qualitatives et quantitatives apportées durant l'entretien, une attention particulière a été portée au tracé d'un **schéma** de l'organisation de l'équipe autour du projet concerné.

Cette représentation graphique permet de visualiser l'organisation telle qu'elle est perçue par les acteurs, et par la suite d'effectuer un comparatif des résultats obtenus. L'idée d'utiliser cet outil vient des sciences cognitives.

Lors des entretiens, cela permet de mieux comprendre la perception de l'acteur de chaque rôle et de l'articulation hiérarchique du projet. Pour cela des questions pendant que l'interviewé dessine sont régulièrement posées, afin de l'inciter à expliquer oralement son dessin au fur et à mesure.

Afin de ne perdre aucune information, et avec l'accord des collaborateurs interviewés, des enregistrements audio de toutes les rencontres sont effectuées. Tous ces enregistrements sont ensuite sauvegardés, en attribuant au fichier le nom de l'interviewé, la date, le lieu de l'entretien et le projet concerné.

2.3.2.2 Traitement des entretiens

Le but premier du traitement est d'organiser et de trier les données pour en faciliter l'analyse. De ce fait, il est central de les traiter de façon organisée et systématique, et ce quel que soit le genre et la forme des données. Il est également important de réaliser la collecte et le traitement en parallèle (et non sur deux périodes de temps séparées), afin de ne pas perdre

d'informations (Gagnon, 2005). Pour traiter efficacement les entretiens, les étapes suivantes sont mises en place.

1) Retranscription

Afin de pouvoir trier et comparer les réponses apportées par les collaborateurs, les entretiens sont ensuite retranscrits à partir des enregistrements audio. En réécoutant les enregistrements, les réponses apportées par les collaborateurs peuvent être pré-triées dans des catégories générales, correspondant à des critères de la grille de maturité de référence. Ces réponses sont transcrites dans un fichier texte, qui porte le même nom que l'enregistrement audio, et sont rangées dans le même dossier.

2) Tri des données dans des tableurs Excel

Les données recueillies sont organisées dans un plusieurs tableurs Excel, qui permettent à la fois d'avoir une vue d'ensemble et de trier et d'analyser les données.

- un fichier Excel global, dans lequel sont notées la liste des entretiens effectués, avec pour chaque entretien les informations suivantes : identification de l'interviewé (nom/prénom/poste), projet concerné, date et lieu de l'entretien, durée de l'entretien. Ce premier fichier permet par la suite d'avoir une vision d'ensemble chiffrée des entretiens : combien de personnes rencontrées par projet, par lieu, par métier etc. par exemple ;
- un fichier Excel par projet, basé sur les points clés ainsi que la grille d'entretien (Tableau 2.9 et Tableau 2.10), dans laquelle sont positionnées les réponses des collaborateurs rencontrés sur ce projet. Ce second fichier permet par la suite d'effectuer une analyse par projet, en comparant les réponses des collaborateurs rencontrés ;
- un fichier Excel par projet, évaluant le niveau de maturité du BIM sur le projet, pour chaque collaborateur rencontré sur ce projet, suivant l'ensemble des grilles de référence (citées dans le CHAPITRE 1). Ce troisième fichier permet par la suite d'évaluer le niveau de maturité du BIM du projet, en comparant à la fois toutes les grilles proposées et toutes les réponses apportées.

Ces différents fichiers sont ensuite enregistrés dans des dossiers différents pour chaque projet.

3) Traitement des schémas

Pendant les entretiens, il a été demandé aux collaborateurs de représenter l'organisation de l'équipe du projet de façon schématique. Ces représentations sont faites manuellement, éventuellement avec des stylos de couleurs : les données « brutes » récupérées sont donc des feuilles volantes. La Figure 2.3 montre un exemple de schéma réalisé par un collaborateur durant l'entretien.

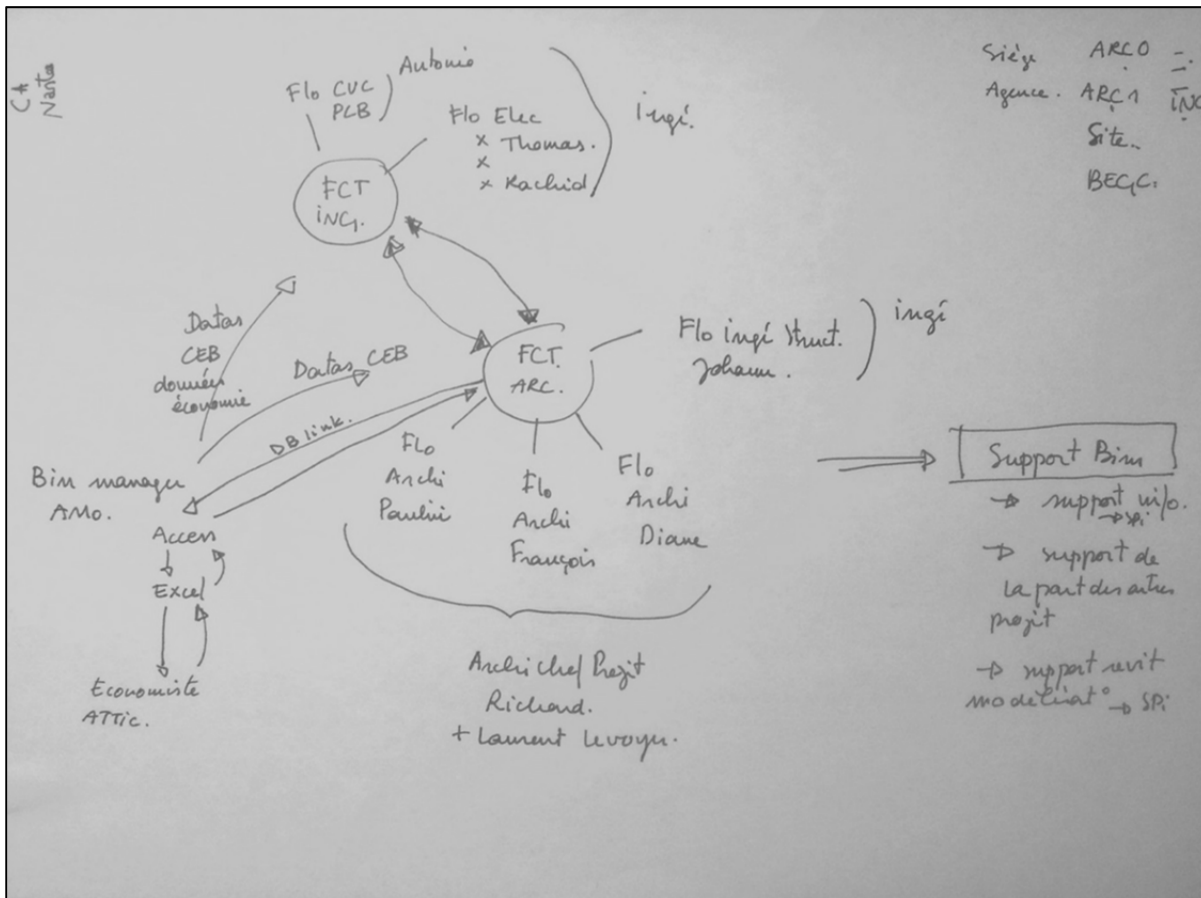


Figure 2.3 Exemple d'un schéma réalisé par un collaborateur

Ces schémas sont ensuite **reproduits** sur ordinateur afin de leur donner une cohérence visuelle, ce qui permettra de les comparer les uns aux autres. Pour cela sont définis des codes

graphiques et une légende, qui sont réutilisées systématiquement pour tous les schémas reproduits.

Lorsqu'il y a lieu, des points qui n'ont pas été représentés sur le schéma initial mais ont été expliqués oralement par le collaborateur durant l'entretien sont intégrés.

Le travail effectué sur le code graphique comprend les points suivants :

- toutes les entités ainsi que les différents postes sont représentées dans des cadres dont la forme est légendée (par exemple les rectangles représentent les maquettes) ;
- les entreprises extérieures sont représentées dans des cadres d'une couleur différente (légendée) ;
- la distinction entre les collaborateurs utilisant Revit ou non se fait avec les traits utilisés pour le cadre (pointillés ou pleins, légendés) ;
- les liens entre les entités sont représentés par des couleurs légendées, afin de distinguer la communication entre les entreprises, les relations hiérarchiques entre les collaborateurs, les échanges de fichiers, etc. ;
- les noms des collaborateurs sont remplacés par des postes afin de conserver l'anonymat dans notre analyse. Par exemple lorsqu'un collaborateur représente l'équipe des architectes en écrivant « Jean-Pierre⁶ » et « Jacqueline » côte à côte et en spécifiant oralement que ce sont le chef de projet et son assistante, les prénoms sont remplacés dans le schéma par « Chef de projet » et « Assistante chef de projet » ;
- la position du collaborateur ayant dessiné le schéma est représentée grâce à une couleur distincte (légendée).

La Figure 2.4 ci-après montre le schéma représenté par le collaborateur sur la Figure 2.3, retranscrit à l'ordinateur en respectant ces codes graphiques.

⁶ Les noms écrits ici sont fictifs.

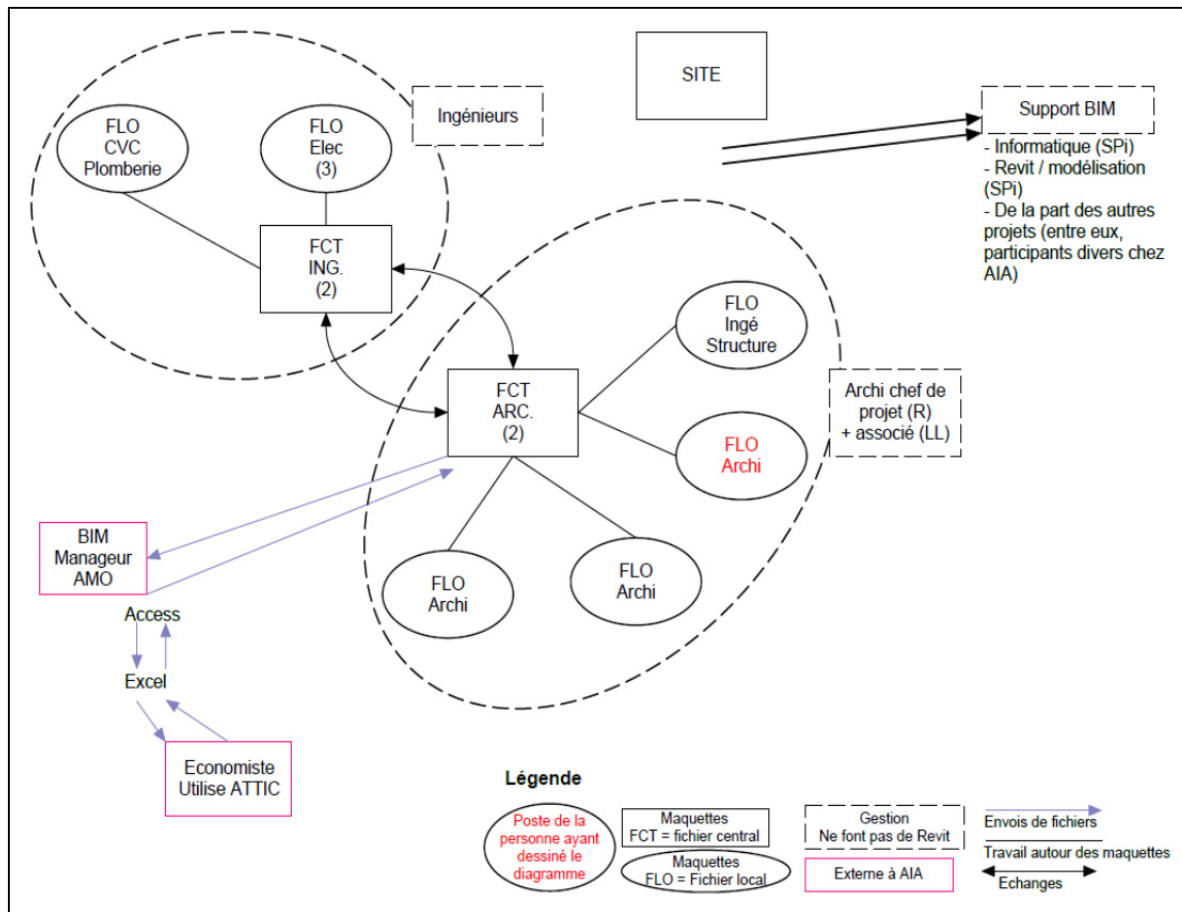


Figure 2.4 Exemple d'un schéma reproduit sur ordinateur

Enfin, afin que notre interprétation ne vienne pas interférer avec ce que le collaborateur souhaite représenter et afin de vérifier la retranscription graphique, leur schéma est envoyé aux collaborateurs par courriel pour qu'ils le valident ou y apportent des modifications. Le fait de se retrouver face à leur représentation remise au clair et légendée peut en effet les amener à modifier le dessin qu'ils ont initialement représenté. Cette méthode, l'**auto confrontation**, est tirée de la psychologie cognitive.

Pour effectuer un suivi de ces échanges, un tableur Excel est rempli régulièrement avec le nombre de schémas, les dates d'envoi et de réponses, et la présence éventuelle de modifications apportées.

La Figure 2.5 ci-après montre le même schéma que précédemment (représenté par un collaborateur sur la Figure 2.3 et adapté sur ordinateur sur la Figure 2.4) après quelques modifications apportées par le collaborateur. Il est possible de voir ici que ces modifications sont minimales : le collaborateur a souhaité rajouter un intervenant extérieur qu'il avait oublié lors de l'entretien (le BET cuisines, voir Figure 2.5) et préciser les modes d'échanges de fichiers entre l'architecte et le BIM manager (via serveur FTP).

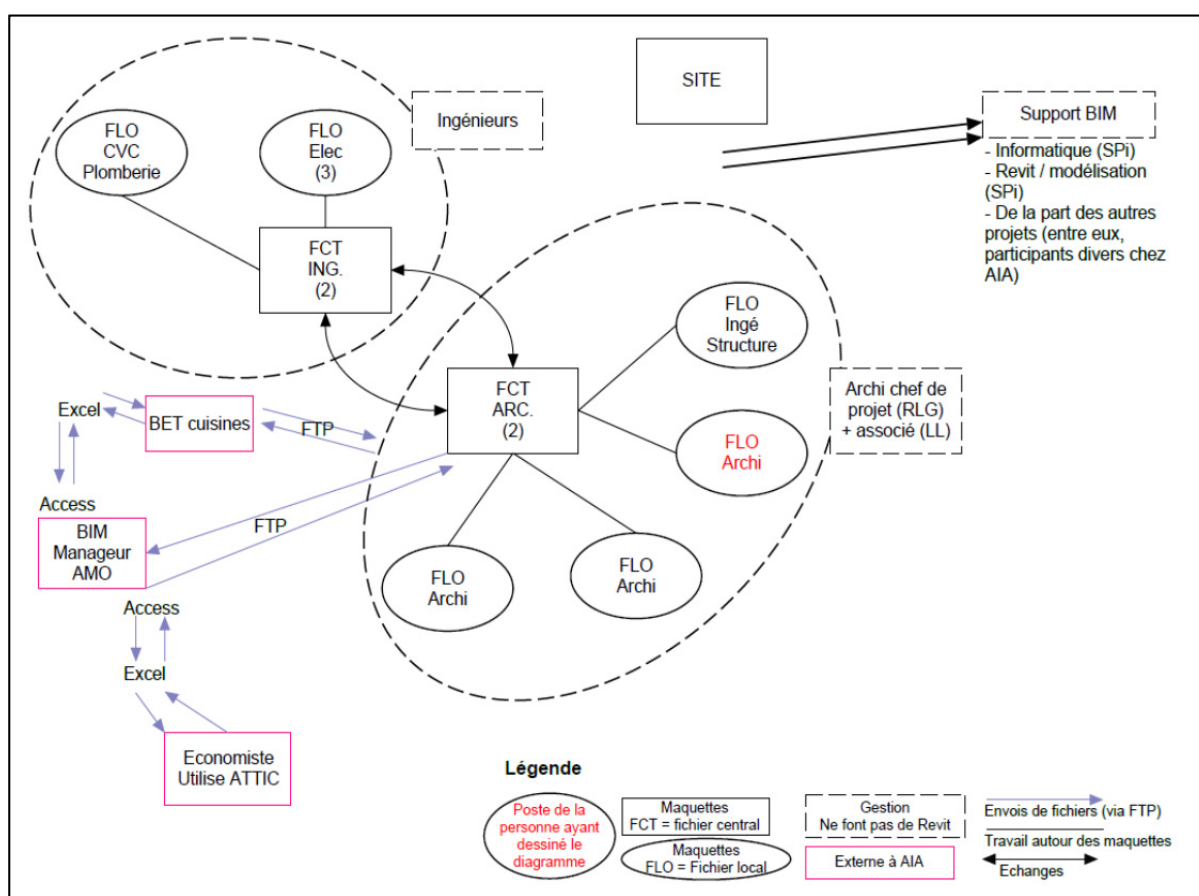


Figure 2.5 Exemple d'un schéma reproduit sur ordinateur et modifié suite à l'auto-confrontation

2.3.2.3 Analyses des entretiens

1) Constats

En cumulant les informations réunies dans l'ensemble des entretiens, une compréhension globale de l'organisation des projets et des points à développer se fait. Cela permet d'extraire les points principaux sur lesquels s'attarder par la suite.

Utilisant des extraits d'entretiens pour soutenir nos théories, une liste sous forme de constats les points notables les plus marquants, et/ou qui ont été le plus souvent mentionnés, durant les entretiens a été générée. Ces constats sont présentés sous forme de texte, et s'appuient sur des extraits d'entretiens. Cette première ébauche d'analyse a ensuite été soumise à validation auprès de l'entreprise, lors d'une présentation réalisée en fin de période in-situ.

2) Typologies d'acteurs

L'objectif de cette analyse est de faire ressortir les différences de compréhension du processus BIM par les collaborateurs, et de voir à quel(s) facteur(s) ces différences peuvent être liées (le projet, le poste, etc.).

Il faut donc déterminer les différentes typologies d'acteurs existant parmi les collaborateurs interviewés sur l'ensemble des projets. L'influence de deux facteurs principalement est notable : le projet et le poste. Les projets étudiés sont au nombre de quatre (ils sont présentés dans le chapitre suivant). Les différents postes existant parmi les acteurs rencontrés sont les suivants :

- chef de projet / assistant chef de projet : ils peuvent être des architectes ou des ingénieurs. Ils sont chargés de la gestion du projet (concerné par l'entretien) : par exemple de la planification, de la répartition des tâches entre les collaborateurs, du lien avec les entreprises extérieures, etc. Pour chaque projet, il y a au moins un chef de projet architecte et un chef de projet ingénieur (à condition que le pôle architecture et le pôle ingénierie soient la responsabilité de l'entreprise), et la présence et le nombre d'assistants

dépend de l'échelle du projet. Dans la mesure du possible pour chaque projet tous les chefs de projets, architectes et ingénieurs sont rencontrés ;

- collaborateur : ils peuvent être des architectes, des ingénieurs, ou tout autre poste (projeteurs⁷, responsable synthèse, etc.). Ils ont divers rôles tout au long des projets. Ces collaborateurs étant nombreux sur tous les projets, le plus grand nombre possible sont rencontrés ;
- BIM manager : ce poste étant assez récent au sein de l'entreprise, sa définition reste encore très imprécise. Il s'agit de la personne chargée de l'implémentation du BIM au sein de l'entreprise. Elle s'occupe pour cela de gérer les postes (les BIM coordinateurs par exemple), d'organiser les formations, de proposer des nouveaux logiciels, etc. Ce poste est unique dans l'entreprise ;
- BIM coordinateur : de la même manière que le BIM manager, ce poste est très récent et donc encore mal défini. Le BIM coordinateur doit effectuer le lien entre le BIM manager et les collaborateurs. Il est responsable du BIM sur plusieurs projets, et doit s'assurer de la bonne gestion des maquettes, répondre aux questions techniques, aider le chef de projet à organiser son équipe, etc. Au sein de l'entreprise, on retrouve un BIM coordinateur dans chacune des agences.

Le Tableau 2.11 présente le nombre d'entretiens réalisés par poste.

Tableau 2.11 Entretiens réalisés, par postes

Nombre d'entretiens réalisés	
Chefs de projet et assistants	9
Collaborateurs	16
BIM Manager	2
BIM Coordinateur	4

⁷ Les projeteurs (terme français) correspondent globalement aux collaborateurs qui travaillent à la représentation graphique du projet sur ordinateur. Ils peuvent travailler en électricité, plomberie, structure, ou tout autre domaine lié à l'ingénierie du projet.

Afin d'appréhender les différences de perception de l'organisation autour du BIM, l'analyse est basée sur les **schémas** réalisés, dont une base de données est disponible suite aux entretiens et à la phase de traitement.

Un tri des différents schémas est effectué pour en faire ressortir d'éventuelles typologies récurrentes. Pour cela, différents paramètres sont observés :

- la forme générale du schéma : circulaire, pyramidale, etc. ;
- la notion centrale dans la représentation : les maquettes, les corps de métiers, les postes, le projet, etc. ;
- l'importance du BIM sur la représentation : la maquette ou le terme « BIM » est-il représenté ? Si oui, à quelle échelle ?

Après un premier tri basé sur ces observations, il est possible d'étudier l'influence du projet et du poste sur la représentation graphique réalisée par les collaborateurs.

Ces différentes typologies sont représentées via une schématisation montrant leur représentation de l'organisation de l'équipe, associée à une description écrite des caractéristiques. De la même manière que pour les constats, une première validation de ces résultats est effectuée lors d'une présentation à l'entreprise, à la fin de la période in-situ.

3) Cartographie des projets

Toujours dans le but d'appréhender l'organisation des projets étudiés et de pouvoir les comparer entre eux, des cartographies, c'est-à-dire des représentations graphiques de l'organisation, sont créées. Pour ce faire, les informations recueillies sur chaque projet sur l'ensemble des entretiens (mais également durant les observations) sont utilisées.

Deux types de cartographies ont été réalisées, permettant de comparer les projets :

- une cartographie par projet comprenant : les entités de l'agence et les entreprises extérieures impliquées dans le projet, mettant en évidence les entités impliquées dans le BIM. Ce type de représentation permet de visualiser les pôles sur lesquels l'agence travaille pour chaque projet. Un code couleur permet de voir rapidement la proportion des entités impliquées dans le processus BIM. La Figure 2.6 montre un exemple de cette première cartographie, pour un des projets étudiés.

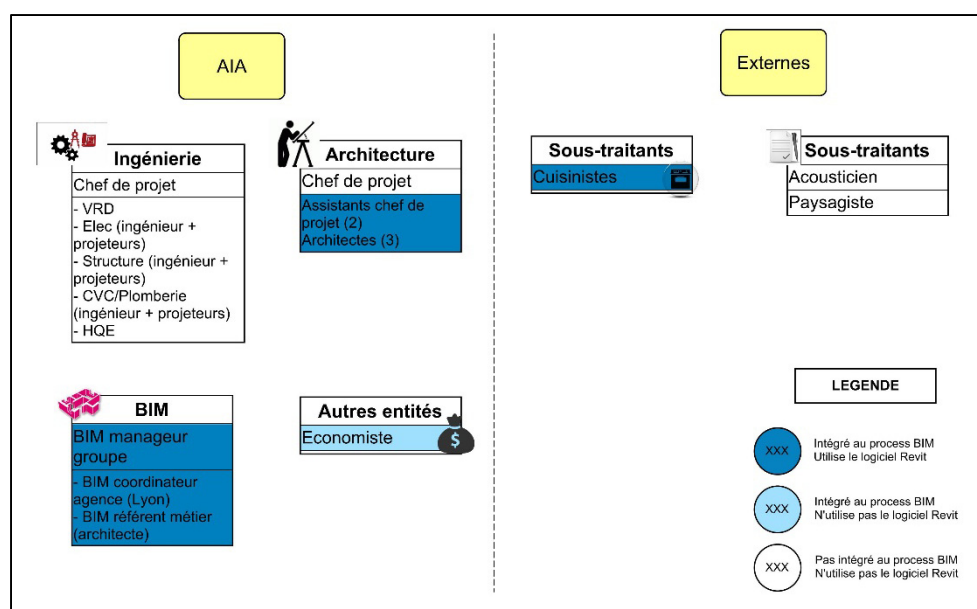


Figure 2.6 Cartographie n°1 – Projet n°4

Sur ce projet par exemple, l'entreprise est principalement chargée des pôles ingénierie, architecture, gestion du BIM et économie. Parmi eux, les membres des pôles architecture et gestion du BIM sont intégrés au processus BIM et travaillent sur le logiciel BIM (Revit). Les membres du pôle économie sont intégrés au processus BIM mais n'utilisent pas le logiciel. Enfin, les membres du pôle ingénierie ne sont pas intégrés au processus BIM.

Parmi les entreprises gérant des pôles externes à l'entreprise, seul le cuisiniste est intégré au processus BIM.

- une cartographie par projet comprenant : toutes les entités de l'agence, et mettant en évidence les entités impliquées dans le projet et dans le BIM. Ce type de représentation permet de visualiser tous les pôles de compétences présents au sein de l'agence et parmi eux ceux qui sont impliqués dans ce projet, avec ou sans un lien avec le processus BIM. Le code couleur est identique au précédent. La Figure 2.7 montre un exemple de cette seconde cartographie, pour le même projet que celui de la Figure 2.6.

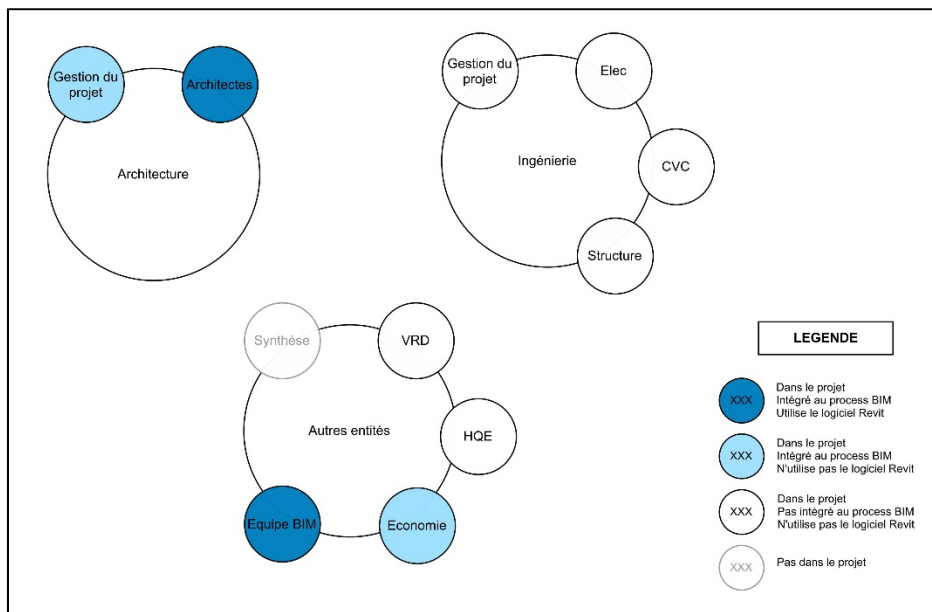


Figure 2.7 Cartographie n°2 – Projet n°4

Sur ce projet, toutes les entités présentes au sein de l'entreprise sont impliquées, mais pas nécessairement intégrées au processus BIM. L'architecture est intégrée, à différents degrés suivant le poste. L'ingénierie n'est pas intégrée. Les autres entités sont variables. Ce schéma permet de comparer les quatre projets facilement, puisque d'un schéma à l'autre seule la légende de couleurs change (les entités restent les mêmes).

L'objectif de ces représentations est de mettre en évidence les variations organisationnelles existant entre les quatre projets, ainsi que les variations de degrés d'utilisation du BIM (c'est-à-dire ici, du nombre d'entités impliquées dans le BIM), à l'externe mais également à l'interne.

4) Niveaux de maturité

Cette dernière partie, qui est centrale à l'analyse, a pour objectif de développer une grille d'évaluation du niveau de maturité de l'entreprise, basée sur celle du CIC (2013) tel que conclu dans l'état de l'art. En effet, cette grille a été développée pour évaluer la maturité du client. Certains ajustements ont été nécessaires pour refléter les caractéristiques particulières d'une agence d'architecture.

Ce développement s'insère dans un travail collectif réalisé avec nos laboratoires partenaires⁸. L'objectif de ce travail est de développer un cadre de gestion du changement dans le domaine de la construction. Le travail est donc réalisé en collaboration avec des professeurs mais également avec d'autres étudiants travaillant sur des projets similaires au sein d'entreprises différentes au Québec ou en France. Les modifications faites par l'équipe de recherche (incluant une étudiante faisant une recherche de même nature au Québec) à la grille de maturité du CIC sont résumées ici.

La première étape est de traduire la grille d'évaluation de maturité en français afin de pouvoir l'appliquer à notre contexte francophone. Afin d'expliquer le développement amenant à la version de la grille de maturité proposée, chacun des points de la grille initiale est ici repris, et les éventuelles modifications apportées sont explicitées.

Tel que précédemment expliqué, l'échelle d'évaluation se divise en 6 niveaux allant de 0 à 5 (voir Tableau 2.12). Cette échelle qui s'adapte bien à notre contexte est conservée.

Tableau 2.12 Les cinq niveaux d'évaluation des critères de maturité (CIC, 2013)

0	1	2	3	4	5
Non existant	Initié	Géré	Défini	Quantifié	Optimisé

⁸ Pour rappel : le GRIDD à Montréal, et le LUCID à Liège

Ensuite, la grille de maturité initiale est réutilisée pour étudier chaque critère et chaque point qui le subdivise afin de déterminer leur pertinence.

Le Tableau 2.13 montre le détail du premier critère, la stratégie. Les modifications apportées à la grille initiale sont écrites en rouge. Elles sont peu nombreuses : de remplacer le terme « Champion BIM » est remplacé par celui de « Gestionnaire BIM (BIM manager) », qui correspond au terme employé au sein de l'agence étudiée et permettra une meilleure compréhension des collaborateurs. La définition du critère reste la même car elle correspond au métier qui est appelé ici BIM Manager.

Tableau 2.13 Grille de maturité, 1^{er} critère : la stratégie

Stratégie	La Mission, Vision, Buts et Objectifs, plan d'affaire, Champion BIM et comité BIM.
Mission et but organisationnel	Une mission BIM est la raison fondamentale pour l'existence de l'entreprise. Les buts sont les défis spécifiques que l'entreprise veut accomplir.
Vision BIM et objectifs	Une vision BIM est le stade que l'entreprise souhaite atteindre Les objectifs sont des tâches spécifiques, qui lorsque mises en place, approchent l'entreprise de leurs buts
Support de gestion	À quel point l'équipe de gestion de l'entreprise soutient le processus de d'implémentation BIM
Gestionnaire BIM (BIM Manager)	Le gestionnaire BIM est la personne qui possède les habiletés techniques et qui est motivée à guider l'entreprise à améliorer leurs processus en poussant pour l'adoption, en gérant la résistance aux changements et en assurant l'implémentation BIM
Comité BIM	Le comité BIM est responsable pour le développement de la stratégie BIM de l'entreprise

Le Tableau 2.14 montre le détail du second critère, les usages du BIM. Le point « Usages internes » est modifié : la grille initiale, destinée au client, développait ici le niveau d'implémentation du BIM dans la phase de **maintenance**. La grille, destinée aux architectes, concerne principalement la phase de conception et de construction du bâti. En conséquence,

il est remplacé par un point concernant l'existence de gabarits et de familles au sein de chaque unité.

Tableau 2.14 Grille de maturité, 2^e critère : les usages

Usages du BIM	Usage spécifiques BIM
Usages projet	Les méthodes spécifiques d'implémentation du BIM sur le projet
Usages internes	Les méthodes spécifiques d'implémentation du BIM au sein de l'entreprise

Le Tableau 2.15 montre le détail du troisième critère, les processus liés au BIM. Rien n'est modifié ici, les points concernant la documentation des processus à l'interne et à l'externe, ce qui rentre également dans le cadre de notre projet.

Tableau 2.15 Grille de maturité, 3^e critère : les processus

Processus	Usage spécifiques BIM
Processus projet	Les processus BIM en lien avec des organisations externes sont définis et documentés
Processus internes	Les processus BIM concernant l'organisation au sein de l'entreprise sont définis et documentés

Le Tableau 2.16 montre le détail du quatrième critère : l'information. Les points développés par la grille initiale sont conservés, sauf le dernier : « Données d'exploitation » (dont le texte est barré dans le tableau), qui correspond aux informations enregistrées dans le modèle permettant de gérer l'exploitation du bâti, ce qui n'est pas nécessaire dans le cadre de notre entreprise.

Tableau 2.16 Grille de maturité, 4^e critère : l'information

Information	Information, détails, paramètres et standards
Arborescence des éléments (MEB)	L'arborescence des éléments est identifiée et classée selon les objets physiques et fonctionnels
Niveau de détails (LOD)	Le niveau de détail définit la qualité de la définition d'objets
Données d'exploitation	Les données d'exploitation sont des informations non graphiques qui peuvent être intégrées aux objets du modèle 3D, définissant des caractéristiques variables de l'objet

Le Tableau 2.17 montre le détail du cinquième critère : l'infrastructure. Le troisième point, initialement « Espaces physiques », correspondent à la création d'un bureau de projet pour tous les membres de l'équipe de conception, suite à la demande du client. Comme le contexte est celui d'une agence d'architecture, ce point est supprimé pour être remplacé par « Capacité technique », c'est-à-dire le support technique nécessaire (en plus des logiciels et du matériel) qui permettent à l'entreprise d'implémenter le BIM.

Tableau 2.17 Grille de maturité, 5^e critère : l'infrastructure

Infrastructure	Les infrastructures technologiques et physiques
Logiciels	Programme et autres informations opératoires utilisées par un ordinateur pour implémenter le BIM
Equipements	Interconnexions physiques, et appareillage, nécessitant de stocker et faire tourner des logiciels BIM
Espaces physiques	Espaces fonctionnels dans une agence, utilisés pour l'implémentation et l'utilisation du BIM
Capacité technique	Habiletés de l'entreprise à utiliser le BIM

Le Tableau 2.18 montre le détail du sixième (et dernier) critère : l'organisation. C'est ici que le plus de modifications par rapport à la grille initiale sont apportées. Deux points sont ajoutés : « Expérience avec le plan de gestion BIM », qui permet de juger l'existence et la pertinence d'un plan de gestion de l'implémentation du BIM. Le second « Expérience de collaboration », qui permet d'évaluer le niveau de collaboration de l'entreprise avec les

entreprises partenaires, allant éventuellement jusqu'à la colocation (c'est-à-dire le partage d'un espace de travail dédié au BIM).

Les points initiaux « Education » et « Formation » sont condensés en un seul, ces deux dimensions étant très proches et la distinction étant trop pointue pour pouvoir être faite avec les données à disposition.

Tableau 2.18 Grille de maturité, 6^e critère : l'organisation

Organisationnel	Ressources humaines
Rôles et responsabilités	Les rôles sont les fonctions premières de l'individu dans l'entreprises Les responsabilités sont les tâches ou les obligations reliés au rôle
Hiérarchie	La hiérarchie est l'arrangement du personnel et des groupes en groupes fonctionnels, au sein de l'organisation
Expérience avec le plan de gestion BIM (PGB)	Expérience de l'entreprise de planifier le BIM dans les projets
Expérience de collaboration	Ouverture des équipes de l'entreprise à collaborer avec les autres firmes et leur expérience de collaboration Colocation : la création d'un bureau de projet où tous les membres de l'équipe de conception partagent un même espace physique de travail
Education	Programme d'éducation pour instruire le personnel sur les avancées BIM
Formation	La formation correspond à l'apprentissage pour rendre les collaborateurs capables, qualifiés et efficaces à un processus ou une tâche spécifique
Education / formation	Combinaison : programme d'éducation et de formation du personnel Explication de ce qu'est le BIM et du contexte, et apprentissages spécifiques liés à l'implémentation du BIM
Préparation au changement	La volonté et la préparation de l'organisation aux changements liés à l'implémentation du BIM

La grille critériée obtenue est donc adaptée à notre étude de cas. Elle se divise en six critères, eux-mêmes divisés en un total de vingt points à évaluer. Chaque point est évalué selon l'échelle d'évaluation, recevant ainsi une note allant de 0 à 5. Chaque critère est noté en additionnant les notes des points qui le constituent. Les notes maximales sont indiquées dans le Tableau 2.19.

Tableau 2.19 Grille de maturité : total de points possible

Élément planifié	Total Possible
Stratégie	25
Usages du BIM	10
Processus	10
Information	10
Infrastructure	15
Organisationnel	30
Totaux	100

Dans la grille de maturité initiale, deux notes différentes sont attribuées pour chaque point : le niveau *actuel* et le niveau *souhaité*. Dans notre cadre, les données à disposition sont insuffisantes pour noter suivant ces deux niveaux. Ils sont donc remplacés par un seul : le niveau **perçu**, qui sont connues suite à la collecte de données.

À partir des notes correspondant au niveau **perçu**, des diagrammes dits araignées sont tracés, permettant de visualiser les critères. La Figure 2.8 montre un exemple de ce type de diagramme (non représentatif pour les projets observés, cet exemple ayant une note de 1/5 à tous les points).

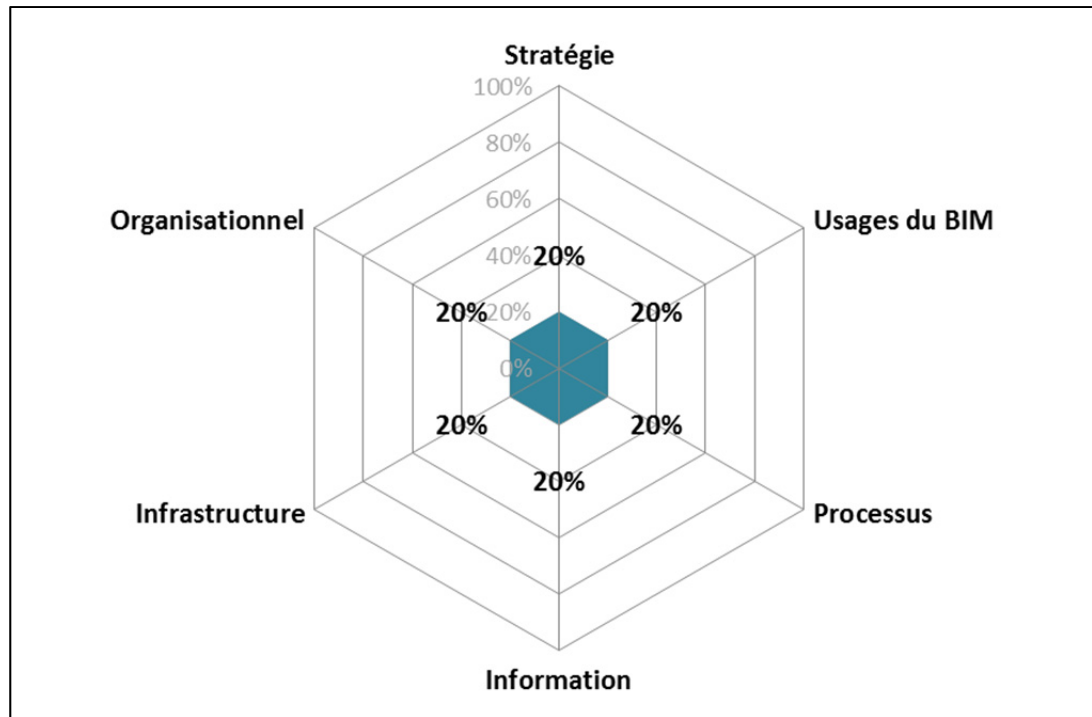


Figure 2.8 Exemple de diagramme araignée représentant le profil de maturité BIM

2.4 Synthèse

Comme développé dans ce chapitre, la recherche mise en place afin de répondre à la problématique est une **étude exploratoire** sous la forme d'une **étude de cas**.

Après avoir défini le **cadre de référence** (une grille de maturité adaptée au contexte) et l'étude de cas (l'entreprise), des **méthodes** de recueil d'information sont mises en place sur une **unité d'analyse** (quatre projets au sein de l'entreprise) : des revues de documents, des observations in-situ, et des entretiens suite auxquels une auto-confrontation est mise en place grâce aux schémas. La complémentarité des données recueillies via ces trois méthodes permet de construire l'analyse.

L'information recueillie est uniquement qualitative, puisque les données sont principalement tirées d'entretiens : ce sont les perceptions des collaborateurs. Pour les méthodes de traitement puis d'analyse des données, la psychologie cognitive est utilisée (via l'analyse protocole).

Suite à cela, les **résultats** sont générés sous différentes formes :

- des constats, présentés sous forme de texte s'appuyant sur des extraits d'entretiens ;
- différentes typologies d'acteurs, présentées sous forme de schéma de l'organisation telle qu'elle est appréhendée par chacune des typologies, expliquées dans le texte ;
- des cartographies de projets, présentés sous deux formes de schémas différents représentant l'organisation des équipes à différentes échelles ;
- une évaluation du niveau de maturité de l'entreprise (via des attributions de notes détaillées, basées sur la grille de maturité (CIC, 2013)) présentée sous forme de diagrammes représentant le profil de maturité.

Le CHAPITRE 3 présente à présent l'étude de cas, c'est-à-dire l'entreprise et les projets observés.

CHAPITRE 3

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Afin de pouvoir développer notre étude exploratoire, il a donc été choisi d'effectuer une étude de cas. Pour cela l'entreprise AIA, une agence d'architecture pluridisciplinaire (architectes et ingénieurs y travaillent ensemble dès le début de tout projet) et multi-sites, est intéressante. L'agence est en transition vers le BIM depuis quelques années, et une première étude avait déjà été faite un an auparavant (Vernhet, 2014), posant ainsi des bases à la recherche.

Le CHAPITRE 3 a donc pour objectif de présenter le cadre de la recherche, soit l'agence concernée : son organisation, son utilisation actuelle du BIM et les quatre projets observés durant l'étude in-situ.

Cela mènera au CHAPITRE 4, dans lequel les résultats obtenus seront présentés et discutés.

3.1 Entreprise

Architectes Ingénieurs Associés (AIA, 2015) est une société par actions simplifiées au capital de 400 000€ (560 000 \$CAD environ), dont le siège social se situe à Nantes. Le groupe est actuellement composé de 23 associés et 51 partenaires, qui animent un groupe de 560 collaborateurs permanents. Les collaborateurs sont basés principalement à **Paris, Lyon, et Nantes**. Quatre agences spécialisées sont également situées à Angers, Rennes, Lorient et Bordeaux (et une branche à Pékin). L'agence a fêté ses 50 ans le 30 janvier 2015, soit quelques jours à peine avant notre arrivée à l'agence.



Figure 3.1 Image du site Web de l'entreprise qui montre les trois principales filiales, les studios, et la holding
Tirée de AIA (2015)

La Figure 3.1 présenter les différentes composantes de l'agence. Depuis 2009, le groupe est composé de **trois filiales** : AIA Architectes, AIA Ingénierie, et AIA Management de Projets. Ces trois filiales principales sont des sociétés différentes, mais appartiennent au même holding (AIA Associés). Les associés détenant le même pourcentage de parts dans chaque

société, aucune filiale n'est privilégiée et les différents résultats sont ajoutés et également redistribués. En 2011, la fondation d'entreprise AIA a été créée, autour des questions liées à l'architecture, la santé et l'environnement.

Quatre **studios** d'expertise développent également des programmes de recherche, de développement et d'innovation : Studio Environnement, Studio Paysages (appartenant à AIA Architecture), Studio Façades et Studio Bois (appartenant à AIA Ingénierie). Intens-Cité est une société d'architecture dédiée aux grands projets urbains, aux grandes opérations fonctionnelles urbaines et grands équipements. Elle est née de l'association de la société AIA Architectes et de Jean-Pierre BUFFI. Créée en octobre 2010, elle mutualise les réflexions, les références et les moyens de ces deux partenaires. La Figure 3.2 permet de visualiser cette organisation de l'agence.

En 2010, les associés ont ouvert le capital à tous les salariés. Actuellement, 12% du capital

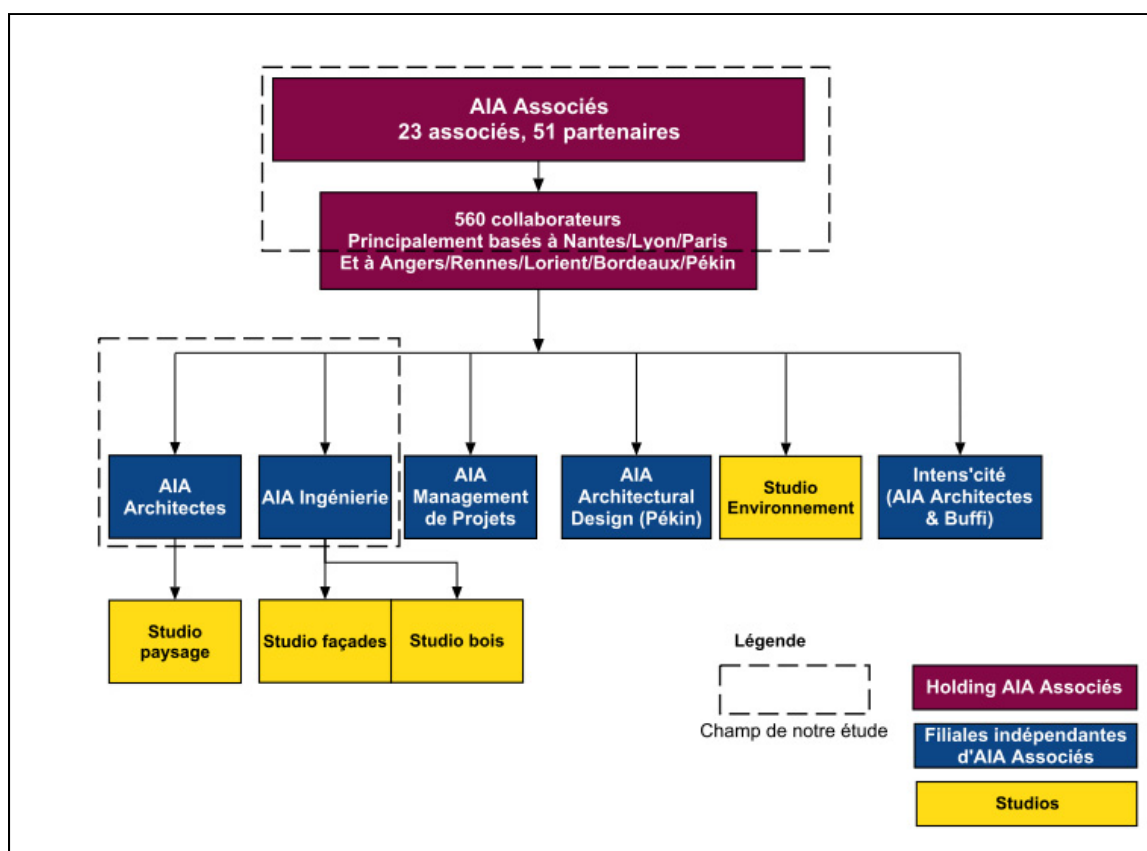


Figure 3.2 Organigramme - les différentes structures composant l'entreprise

est détenu par les salariés non associés appelés les partenaires. Néanmoins, AIA a choisi d'être complètement indépendante et tout départ de la société entraîne la revente de la totalité des parts détenues par la personne quittant AIA.

La **particularité** d'AIA réside dans le choix qu'ils ont fait de conserver une relation, et ce dès le début de chaque projet, entre l'architecte et l'ingénieur – en évitant ainsi de séparer l'approche conceptuelle de l'architecte et l'approche technique de l'ingénieur.

L'équipe pluridisciplinaire est, depuis sa création dans les années 1970, particulièrement engagée dans les établissements hospitaliers : à présent ils se sont diversifiés, mais le domaine hospitalier constitue toujours un peu plus de la moitié de l'activité. Ils travaillent également sur des programmes tertiaires, éducatifs, liés au patrimoine, commerciaux, environnementaux...

3.2 BIM dans l'entreprise

3.2.1 Historique

Afin de pouvoir analyser l'implémentation actuelle du BIM au sein de l'entreprise, il faut tout d'abord tracer un rapide historique de leur évolution.

En mai **2011**, un des collaborateurs a assisté à une formation BIM auprès du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). Cela faisait partie d'une démarche informelle du groupe AIA sur le sujet. Afin d'organiser cette démarche, et pour tester « grandeur réelle », sur 2011/2012, ils ont choisi de basculer en Revit sur le projet de l'UPEC (Université Paris Est Créteil), après l'avoir gagné à un concours en utilisant le logiciel *habituel*, AutoCAD. Quelques collaborateurs ont reçu une formation, et ont été suivis dans la transition par un accompagnateur logiciel.

Un « club BIM » a été créé avec différentes personnes intéressées (architectes et ingénieurs, à différentes échelons de la direction) : cette équipe s'est donné une période de deux ans pour prospecter, se renseigner, choisir des logiciels etc.

En **2013**, a été établie la nécessité d'un *vrai* accompagnement pour suivre l'implémentation. Différentes consultations de prestations ont été faites, pour finalement porter le choix sur une société de conseil. En parallèle, il a été décidé de lancer un projet d'une taille plus importante en BIM pour porter l'agence au niveau supérieur : le projet du CHPG (un des quatre projets observés, voir 3.4.1.1) a été « l'élu ». La société de conseil missionnée a donc été chargée d'aider la transition au BIM dans le cadre de ce projet (dont le concours avait été gagné en AutoCAD).

Au même moment environ, un prestataire individuel a été engagé au bureau de Nantes, pour aider l'agence à répondre à un concours avec une maquette – il a ensuite été missionné pour deux ans (**2014 - 2015**) comme BIM manager, pour lancer un processus d'implémentation à l'échelle du groupe.

Une fois ce prestataire désigné BIM manager, il s'est impliqué dans tous les projets BIM du groupe, et tout particulièrement CHPG. Suite à des désaccords, il a alors été décidé de se séparer de la société de conseil précédemment missionnée pour soutenir ce projet.

Le projet manquait cependant d'un support de **proximité**, pour conseiller au jour le jour – les architectes étant à Paris et le BIM manager du groupe à Nantes. Des prestataires complémentaires ont donc été engagés (un premier 2 mois, puis un second 6 mois) pour travailler directement auprès des collaborateurs à Paris. Le besoin permanent de ce soutien de proximité ayant été établi, il a alors été décidé d'**embaucher** un BIM manager pour travailler de façon permanente à Paris. Il a été embauché en septembre 2014, après que l'agence ait reçu une cinquantaine de candidatures de tous horizons.

Dans la même lancée, AIA a alors embauché un BIM manager à l'agence de Lyon, puis un autre à Nantes. Et enfin, le BIM manager groupe étant prestataire (et son contrat s'achevant fin 2015), ils ont embauché une nouvelle personne qualifiée pour ce travail, à partir de février 2015 (soit juste au moment de notre arrivée). Ce second BIM manager groupe travaillera avec le prestataire durant l'année 2015.

En résumé, à l'heure de notre étude au sein de l'agence, il y a : un **BIM manager agence** (également appelés BIM coordinateurs) à Nantes, à Lyon et à Paris ; et deux **BIM manager groupe**⁹. Auxquels s'ajoutent plusieurs personnes appelées *réfèrents BIM* au sein des équipes de projet.

Le Tableau 3.1 permet de se représenter cette évolution au cours du temps. On peut donc constater qu'au moment de notre étude, l'agence avait déjà vécu plusieurs étapes d'implémentation du BIM.

⁹ Note rajoutée : le BIM manager initial, prestataire depuis début 2014, a démissionné durant la dernière semaine de notre phase de cueillette de données in-situ.

3.2.2 État des lieux

Limites : dans cette partie, les faits sont expliqués tels qu'ils se présentent au moment de notre intervention au sein de l'agence (février à mai 2015). (Les choses évoluant rapidement, il faut garder en tête que le BIM et son implémentation ont un déploiement rapide).

AIA est une structure au sein de laquelle tous les métiers de la maîtrise d'œuvre sont présents : architecture, architecture d'intérieur, paysage, ingénierie structure (incluant charpente bois, charpente métal, génie civil), ingénierie fluides, ingénierie électricité, VRD (voirie et réseaux divers) et aménagements extérieurs, ingénierie environnementale, économie de la construction, management de projet...

L'objectif du projet **BIM – AIA** est de s'appuyer sur cette structure unique pour mettre en place un processus collaboratif technique et technologique permettant d'évoluer d'une conception participative itérative vers une **conception collaborative synchrone** (Document interne AIA, 2015).

Les principaux buts « officiels » de l'agence concernant l'implémentation du BIM sont : une conception BIM stabilisée en fin 2017, et un suivi de chantier BIM dès 2016.

1) Rôles

Un gros travail de remodelage des équipes est en cours sur toutes les agences, avec de nouvelles définitions des rôles et des projets exclusivement en BIM.

Un certain nombre de postes ont été adaptés ou créés pour soutenir cette implémentation (voir Tableau 3.2). Par « adapté », il est entendu qu'une ou plusieurs tâches ou responsabilités ont été ajoutées au poste initial du collaborateur.

Tableau 3.2 Rôles dédiés au BIM au sein de l'agence (en date de mai 2015)

Rôles "dédiés" au BIM au sein d'AIA		
Lieu	Poste	
Ville 1 (Paris)	"BIM Team", partenaire, chef d'agence, architecte	Poste adapté
	<i>BIM Coordinateur (agence)</i>	<i>Poste créé</i>
	Référent BIM, projeteur	Poste adapté
	Référent BIM, architecte chef de projet	Poste adapté
Ville 2 (Nantes)	"BIM Team", associé, directeur agence	Poste adapté
	"BIM Team", architecte chef de projet	Poste adapté
	"BIM Team", économiste	Poste adapté
	"BIM Team", ingénieur généraliste	Poste adapté
	<i>BIM Coordinateur (agence)</i>	<i>Poste créé</i>
	<i>BIM Manageur (groupe)</i>	<i>Poste créé</i>
Ville 3 (Lyon)	"BIM Team" Ingénieur structure	Poste adapté
	<i>BIM Coordinateur (agence)</i>	<i>Poste créé</i>
	<i>BIM Manageur (groupe)</i>	<i>Poste créé</i>
	Référent BIM, architecte infographiste	Poste adapté
	Référent BIM, architecte	Poste adapté

Le nombre de fonctions liés au BIM est en augmentation : la direction souhaite en effet désigner un « référent BIM », aussi qualifié dans la littérature de « champion BIM » (CIC, 2013) au sein de chaque équipe, dans chaque agence (postes adaptés, pas créés). Ce référent sera chargé de faire la liaison entre l'équipe et le BIM manager de l'agence et les BIM coordinateurs.

L'organisation des agences est donc en train de se redéfinir autour du BIM. La Figure 3.3, un schéma de présentation réalisé par AIA, montre l'ensemble des futurs postes liés au BIM au sein des différentes agences.

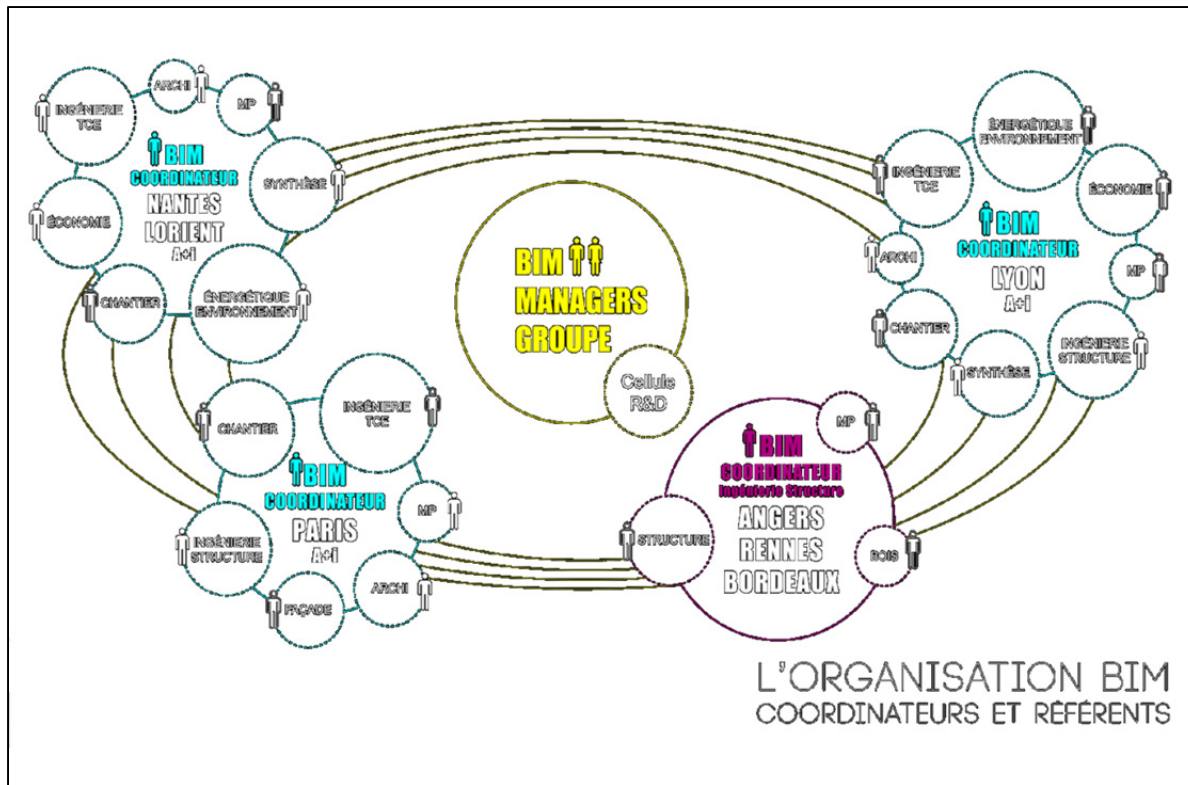


Figure 3.3 Managers, coordinateurs et référents BIM sur les différents sites
Schéma officiel de l'entreprise, 2015

On voit sur cette figure qu'un certain nombre de BIM référents sont donc à désigner, en lien avec le nombre important de corps de métiers existant au sein de l'entreprise.

2) Projets

Un certain nombre de projets sont actuellement en cours chez AIA, à différents stades et avec différents degrés d'utilisation du BIM (voir Tableau 3.3).

Tableau 3.3 Liste des projets BIM en cours

Projets BIM en cours					
Nom	Lieu	Projet	Fin	Equipe AIA	Processus BIM
Bureaux AIA	Chantenay	Bureaux	2016	Architecture Ingénierie Economie	Architecture - -
Capio	Toulouse	Clinique	2017	Architecture Ingénierie	Architecture -
CHPG	Monaco	Hôpital	2027	Architecture Architecture d'intérieur Ingénierie (sauf structure) Economie Management projet	Architecture - Ingénierie (sauf structure) - Management projet
Crédit Agricole	Le Mans	Banque	2016	Architecture Ingénierie Economie	Architecture Ingénierie : AMO et présynthèse Economie
EHPAD Roman sur Isère	Roman sur Isère	EHPAD	(arrêté)		
ENS	Cachan	Université	2018	Ingénierie	Ingénierie
Extensions hôpital privé Robert Schumann	Metz	Hôpital	2018	Architecture Ingénierie Economie Management projet	Architecture Ingénierie Economie Management projet
Fontainebleau	Fontainebleau	EHPAD	(concours en attente)	(Concours)	(Concours)

Nom	Lieu	Projet	Fin	Equipe AIA	Processus BIM
Loroux Bottereau	Loroux Bottereau	EHPAD / SSR	2017	Architecture Ingénierie Economie Management projet Studio environnement	Architecture Ingénierie Economie Management projet -
MODA	Lyon	Bureaux	(inconnue)	Ingénierie	Ingénierie
UPEC	Créteil	Maison des sciences	2016	Architecture Ingénierie Economie	Architecture Ingénierie Economie

On constate dans ce tableau qu'une douzaine de projet au moins sont en cours, avec différents corps de métiers impliqués ou non dans le processus BIM.

3) Technique

Un des logiciels les plus répandus associé au BIM est le logiciel Revit, développé par Autodesk. Il existe sous différents formats, pour architectes ou ingénieurs spécialisés. Le logiciel Navisworks, développé par Autodesk également, permet une détection des erreurs et la production de simulations. Il existe bien sûr un grand nombre d'autres logiciels. C'est avec ce logiciel que l'agence AIA a choisi de travailler.

Pour l'année 2015, l'agence dispose de 140 licences Revit (contre 90 en 2014). 75 collaborateurs ont été formés à Revit (40 architectes, 15 ingénieurs structures, etc.). Ils disposent de trois serveurs Revit, situés aux agences de Nantes, Paris et Lyon.

3.3 Choix des équipes observées

Dans le cadre de notre recherche, le changement organisationnel au sein des équipes de projets est observé, et ce sur plusieurs projets afin de les comparer.

Plusieurs équipes sont rencontrées, dans plusieurs agences. Les ingénieurs comme les architectes participent aux rencontres, ainsi que la direction d'agence, dans le but d'appréhender la structure organisationnelle globale des projets de conception utilisant le BIM.

Le choix des projets observés a été fait en accord avec plusieurs membres de la direction du groupe, familiers avec le contexte de l'entreprise, ce qui a permis de définir quatre projets de différente envergure répartis sur différentes localisations – en se reposant toujours sur le fait de base que le BIM était une composante centrale au projet de conception au sein des équipes.

3.4 Projets observés

L'organisation liée au processus BIM de quatre projets d'AIA, situés dans les trois agences principales du groupe (voir Tableau 3.4), a donc été étudiée.

Tableau 3.4 Nom et localisation des projets étudiés

	Projet 1	Projet 2	Projet 3	Projet 4
Nom (abrégé)	CHPG	ENS	CAAM	TLS
AIA architecture	Paris	(externe)	Nantes	Lyon
AIA ingénierie	Nantes	Lyon / Nantes	Nantes	Lyon

3.4.1.1 Projet 1

Le premier projet observé (à Paris) est l'un des projets pilotes pour l'agence dans l'utilisation du BIM. C'est le premier projet d'envergure sur lequel l'agence a décidé de travailler en « full BIM », et c'était en quelque sorte leur *crash test*.

Il s'agit d'un centre hospitalier, dont on peut voir un rendu photo-réaliste sur la Figure 3.4.



Figure 3.4 Rendu photo-réaliste du projet CHPG (AIA, 2015)

Ce projet, le plus gros en cours au sein de l’agence, consiste en la réalisation du nouveau Centre Hospitalier Princesse Grâce (CHPG) de Monaco. Il se situe à côté du centre hospitalier actuel, et le transfert de l’un à l’autre se fera de façon progressive pendant la construction.

Le Tableau 3.5 (ci-dessous) permet d’avoir une idée du projet en quelques chiffres.

Tableau 3.5 Chiffres projet CHPG

Lits	394
Places de stationnement	683
Coût estimé	358 M€ (~500 M\$CAD)
Surface terrain	12 750 m²
Surface construite	83 696 m²
	(dont 20 320 m² de stationnement, et 63 376 m² d'IGH)

Il s’agit donc d’un projet d’envergure. Le concours lauréat a été lancé (et remporté par AIA) en 2013. La livraison de l’hôpital est prévue pour 2027. Tel que présenté au Tableau 3.4

(page 83), les architectes d'AIA travaillant sur ce projet sont situés à Nantes, tandis que les ingénieurs travaillent à Paris.

Les acteurs du projet sont listés ci-dessous :

- maître d'ouvrage (MO) : principauté de Monaco ;
- assistance au maître d'ouvrage (AMO) : ICADE ;
- consultants client :
 - contrôleurs techniques : APAVE et SOCOTEC ;
 - coordinateur sécurité et protection de la santé (CSPS) ;
- maîtrise d'œuvre (MOe) :
 - chargé d'opérations : AECOM ;
 - architecte international : AIA Associés (qui sous-traite à AIA Architecture) ;
 - architecte monégaste : Atelier MNI ;
 - bureau d'études lots techniques : AIA Ingénierie ;
 - bureau d'études structure et ascenseurs : Tractebel ;
 - entreprises de construction : non connues à ce stade.

Au sein d'AIA, le projet a été réalisé en ce qu'ils appellent « full BIM », c'est-à-dire qu'au sein de l'entreprise ils présentent le projet comme complètement réalisé en BIM. Les architectes et les ingénieurs ont collaboré autour de maquettes 3D générées grâce à Revit (entre autres). En revanche, les entreprises extérieures à AIA (Tractebel par exemple, mais l'option était en discussion lors de notre départ, pour la suite des opérations) n'ont pas implémenté le BIM.

La Figure 3.5 montre une présentation de l'aspect BIM du projet, réalisée par AIA et AECOM (chargé d'opérations). La composition de l'équipe y est représentée, ainsi que des données sur la mission BIM.

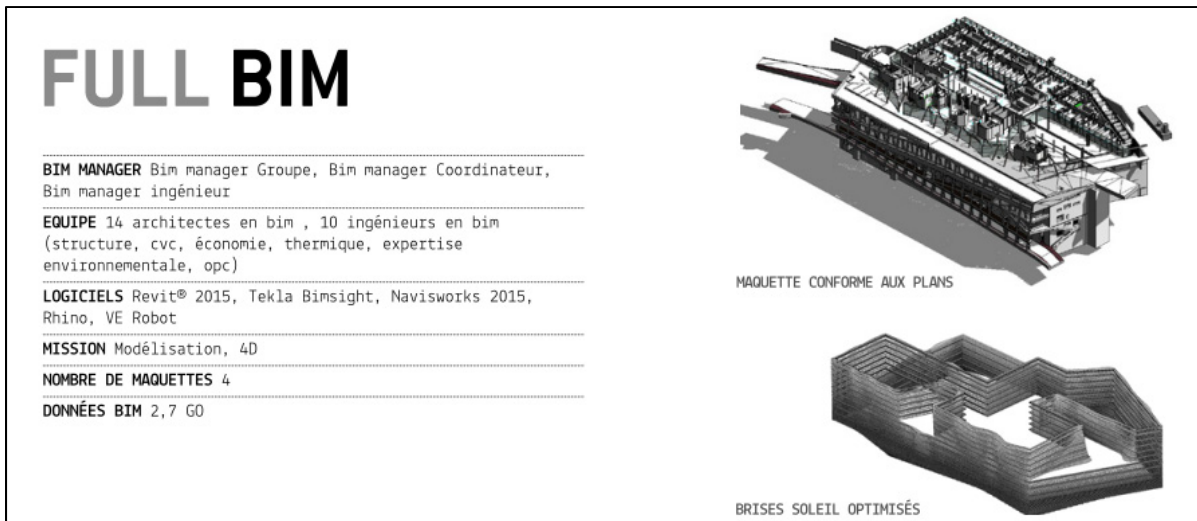


Figure 3.5 Extrait d'une brochure de présentation du projet CHPG
Réalisée par AIA et AECOM (2014)

Sur ce projet, il a été possible d'échanger avec les personnes suivantes :

- le chef de projet et un assistant, architectes (à Paris) ;
- le chef de projet, ingénieur (à Nantes) ;
- un assistant chef de projet, ingénieur (à Paris) ;
- deux collaborateurs travaillant sur Revit, architectes (à Paris) ;
- le BIM coordinateur (à Paris) ;
- l'ingénieur responsable du projet en CVC, et un projeteur CVC (à Nantes).

Soit un total de 9 entretiens.

En conclusion, ce premier projet est intéressant pour notre étude par son envergure : il s'agit du plus gros projet en cours dans l'entreprise, et du premier gros projet lancé en BIM. La grande majorité des corps de métiers internes travaillent à produire une maquette, ou en lien avec une ou plusieurs maquettes.

Les architectes et les ingénieurs étant situés dans des villes différentes (Paris et Nantes), il implique de plus une problématique de collaboration à distance.

3.4.1.2 Projet 2

Ce projet a la particularité d'être réalisé en collaboration avec un architecte extérieur à l'agence, Renzo Piano Building Workshop. Il s'agit d'une école, l'ENS (École Nationale Supérieure de Cachan). L'ingénierie est gérée par AIA Ingénierie, dans les bureaux de Nantes et de Lyon (Tableau 3.4). La construction est constituée de quatre unités architecturales, articulées autour d'un parc. Un rendu photo-réaliste du projet est présenté à la Figure 3.6.



Figure 3.6 Rendu photo-réaliste du projet ENS (AIA, 2015)

Le Tableau 3.6 (ci-dessous) permet d'avoir une idée du projet en quelques chiffres.

Tableau 3.6 Chiffres projet ENS

Coût estimé	148 M€ (~207 M\$CAD)
SHON (Surface Hors Œuvre Nette)	64 000 m ²
Laboratoires	12 000 m ²
Conception	2013
Livraison prévue	2018

Les acteurs du projet sont listés ci-dessous :

- maître d'ouvrage (MO) : Ecole Normale Supérieure de Cachan ;
- maîtrise d'œuvre (Moe) :
 - chargé d'opérations : Etablissements publics Paris Saclay ;
 - architecte mandataire : Renzo Piano Building Workshop ;
 - conception tous corps d'état : AIA Ingénierie ;
- entreprises de construction : non connues.

Au sein d'AIA, le projet a été réalisé en ce qu'ils appellent « full BIM » également. L'architecte mandataire étant une entreprise différente, c'est seulement AIA Ingénierie qui était concerné par cet aspect BIM.

La Figure 3.7 montre une présentation de l'aspect BIM du projet, réalisée par AIA Ingénierie, qui inclut la composition de l'équipe, et quelques données sur la mission BIM.

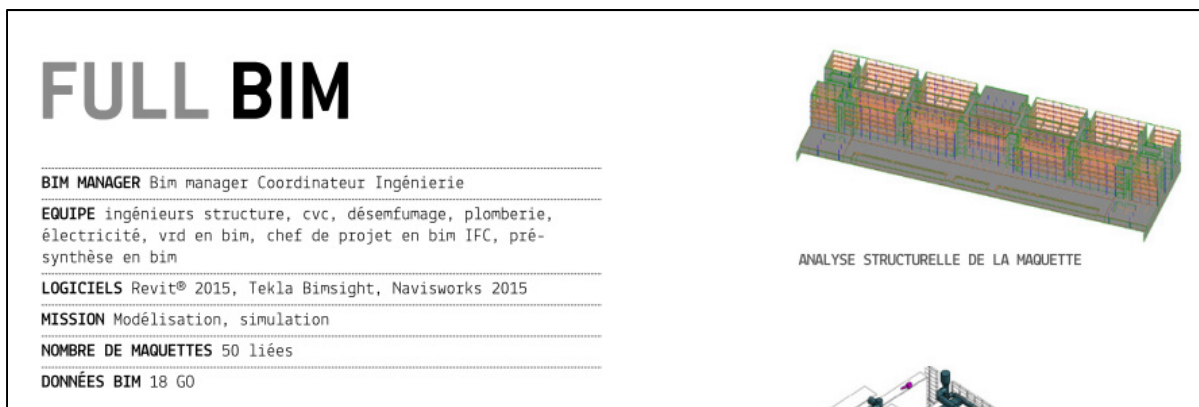


Figure 3.7 Extrait d'une brochure de présentation du projet ENS
Réalisée par AIA Ingénierie, 2014

Sur ce projet, il a été possible d'échanger avec les personnes suivantes :

- un chef de projet, ingénieur (à Nantes) ;
- un assistant chef de projet, ingénieur (à Paris) ;
- l'ingénieur responsable du projet en CVC, et un projeteur CVC (à Nantes) ;

- l'ingénieur responsable du projet en électricité (à Nantes) ;
- l'ingénieur responsable du projet en structure, et un projeteur structure (à Nantes) ;
- le responsable de la synthèse du projet (à Nantes).

Soit un total de 8 entretiens.

En conclusion, ce second projet est intéressant pour notre étude par sa particularité : l'utilisation du BIM est requise par le client et l'architecte mandataire, et le BIM management est géré par un organisme à l'extérieur de l'entreprise. Il est donc intéressant d'observer l'organisation mise en place. Les ingénieurs étant situés dans des villes différentes (Nantes et Lyon), comme le premier projet, il implique de plus une problématique de collaboration à distance.

3.4.1.3 Projet 3

À l'échelle d'AIA, ce projet a été entièrement géré depuis l'agence située à Nantes. Il s'agit d'une banque : le CAAM (Crédit Agricole de l'Anjou et du Maine), c'est-à-dire d'un bâtiment de bureaux et d'accueil du public. La construction est certifiée BBC (Bâtiment à Basse Consommation).

Un rendu photo-réaliste du projet est présenté à la Figure 3.8.



Figure 3.8 Rendu photo-réaliste du projet CAAM (AIA, 2015)

Le Tableau 3.7 permet d’avoir une idée du projet en quelques chiffres.

Tableau 3.7 Chiffres projet CAAM

Coût	31 M€ (~43 M\$CAD)
Surface	14 650 m ²
Livraison	2016

Les acteurs du projet sont listés ci-dessous :

- maître d’ouvrage (MO) : Crédit Agricole Atlantique Vendée ;
- maîtrise d’œuvre (Moe) :
 - chargé d’opérations : AIA Management ;
 - architecte mandataire : AIA Associés ;
 - ingénierie et économie : AIA Ingénierie ;
 - expertise environnementale : AIA Studio Environnement.

Le projet a été réalisé avec une volonté de « Full BIM » également au sein de l’entreprise. La réalisation d’une maquette BIM était demandé dans le contrat, mais très peu de spécifications y sont données.

Sur ce projet, il a été possible d’échanger avec les personnes suivantes :

- le chef de projet, ingénieur (à Nantes) ;
- le chef de projet, architecte (à Nantes) ;
- un assistant chef de projet, architecte (à Nantes) ;
- le responsable de la synthèse du projet (à Nantes) ;
- l’ingénieur responsable du projet en structure, et un projeteur structure (à Nantes).

Soit un total de 6 entretiens.

En conclusion, ce troisième projet est intéressant pour l’étude par plusieurs points : il s’agit d’une construction simple et connue par l’entreprise, et l’ensemble des équipes de projet se situent dans la même ville (Nantes) : l’ensemble souligne donc un projet assez simple pour l’entreprise. Dans ce cadre, le BIM devrait normalement pouvoir s’implanter plus facilement que sur le premier projet par exemple.

3.4.1.4 Projet 4

Ce projet a été entièrement géré depuis l'agence AIA située à Lyon. Il est nommé TLS (pour Toulouse). Il s'agit d'une clinique située à Toulouse, composée de deux bâtiments, l'un de 5 étages (hébergeant des salles d'opérations et un plateau technique, ainsi qu'un hébergement de 379 lits, les services généraux et d'autres services) et l'un de 7 étages (hébergeant 80 bureaux de consultation, une kinésithérapie et un laboratoire d'analyses) ; auxquels s'ajoute un stationnement de 600 places. Un rendu photo-réaliste est présenté à la Figure 3.9.



Figure 3.9 Rendu photo-réaliste du projet TLS (AIA, 2015)

Le Tableau 3.8 (ci-dessous) permet d'avoir une idée du projet en quelques chiffres.

Tableau 3.8 Chiffres projet TLS

Coût estimé	68 M€ (~95 M\$CAD)
Surface	39 771 m ²
Conception	2011
Livraison prévue	2017

Les acteurs du projet sont listés ci-dessous :

- maître d’ouvrage (MO) : SCI Parc Saint Jean – CAPIO Santé ;
- maîtrise d’œuvre (Moe) :
 - architecte mandataire : AIA Associés (qui sous-traite à AIA Architecture) ;
 - ingénierie (VRD, structure, CVC, PN, FM) et économie : AIA Ingénierie.

Sur ce projet, le passage en BIM a été une initiative interne de l’entreprise. Seuls les architectes ont réalisé une maquette Revit, les ingénieurs restant dans leur façon de faire traditionnelle. Le projet est donc réalisé en BIM partiellement seulement.

Sur ce projet, il a été possible d’échanger avec les personnes suivantes :

- le chef de projet, ingénieur (à Lyon) ;
- le chef de projet, architecte (à Lyon) ;
- deux collaborateurs travaillant sur Revit, architectes (à Lyon) ;
- un référent BIM architecture (à Lyon).

Soit un total de 5 entretiens.

En conclusion, ce quatrième et dernier projet est intéressant pour l’étude par plusieurs points : comme le projet précédent, il s’agit d’une construction simple et connue par l’entreprise pour laquelle le milieu hospitalier constitue une grande majorité des projets ; et l’ensemble des équipes de projet se situent dans la même ville (Lyon) : l’ensemble souligne donc un projet assez simple pour l’entreprise.

De plus, le BIM n’est implanté que partiellement : les architectes produisent une maquette mais les ingénieurs travaillent de manière traditionnelle. Il sera intéressant de voir comment ces deux équipes ont cohabité, et ce que l’implantation du BIM a pu apporter à l’équipe d’architecture.

3.5 Synthèse

L'agence AIA a mis en place un certain nombre de postes et de projets dans le cadre d'une implémentation du BIM. Leur volonté dans ce sens fait d'eux une étude de cas intéressante pour notre projet : un nombre important d'entretiens parmi les collaborateurs impliqués dans les quatre différents projets peut être complété.

Le Tableau 3.9 (ci-dessous) permet d'avoir une vue globale des quatre projets observés, en regroupant leurs caractéristiques principales (fonction, coût, surface, date de livraison) ainsi que leur utilisation du BIM (de façon très simplifiée).

Tableau 3.9 Synthèse des quatre projets

	Projet 1 (CHPG)	Projet 2 (ENS)	Projet 3 (CAAM)	Projet 4 (TLS)
Fonction	Hôpital	Université	Banque	Clinique
Coût	358 M€ ~500 M\$CAD	148 M€ ~207 M\$CAD	31 M€ ~43 M\$CAD	68 M€ ~95 M\$CAD
Surface	83 696 m ²	64 000 m ²	14 650 m ²	39 771 m ²
Livraison	2027 (prévue)	2018 (prévue)	2016 (prévue)	2017 (prévue)
BIM	Architectes AIA: oui	Architectes <i>ext.</i> oui	Architectes AIA: oui	Architectes AIA: oui
	Ingénieurs AIA: oui	Ingénieurs AIA: oui	Ingénieurs AIA: oui	Ingénieurs AIA: non
	Entreprises <i>ext.</i> non	Entreprises <i>ext.</i> non		Entreprises <i>ext.</i> non

La variabilité de ces projets, de par leur envergure, leur localisation, et surtout leur degré d'implémentation du BIM, permet de voir la diversité existant au sein de l'entreprise.

CHAPITRE 4

RESULTATS

Les trois premiers chapitres permettent de développer le contexte et la mise en place du projet de recherche. Ce dernier chapitre a pour objectif de présenter les **résultats** obtenus après un traitement et une analyse des données recueillies.

4.1 Présentation des données et analyses

4.1.1 Constats

Suite aux entretiens, différents constats ont été présentés à la direction de l'entreprise. Ils se basent sur la période in-situ, et s'appuient tous sur des extraits d'entretiens. Ces constats sont regroupés en six thèmes : l'aspect implémentation, les processus, l'aspect technique, la gestion humaine, le poste du BIM Manager ou coordinateur et le poste des chefs de projets. Cette partie présente les constats effectués pour chaque thème.

4.1.1.1 Implémentation

Parmi les collaborateurs, cette implémentation du BIM est très peu ressentie comme un besoin ou une avancée pour l'entreprise. Elle est plutôt vue comme une obligation, à la fois poussée par la direction de l'agence et par la loi.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

« Dommage que ça ne vienne pas d'une volonté liée aux métiers. Mais plutôt de « Ah merde, la réglementation change, tous les collègues y passent, il faut faire du BIM ». »

BIM référent – architecte

« Ils n'étaient pas tous convaincus : ils sont partis dans un BIM contraint par le marché, par les demandes. » *BIM manager groupe*

« Développer le BIM, c'est l'avenir et dans quelques années on aura plus le choix. »

Chef de projet – ingénieur

De façon générale, le BIM est vu comme une nouveauté avec un caractère obligatoire, et non pas comme une amélioration éventuelle. Cela peut créer des *blocages* dans l'implémentation, dus à un manque de motivation et d'envie.

Les collaborateurs se lancent dans l'aventure non pas parce qu'ils pensent qu'il faut s'y lancer, mais parce qu'ils pensent qu'ils sont obligés. En conséquence, ils commencent à travailler dans le BIM sans réaliser l'ampleur des conséquences et sans trop savoir ce que cela peut impliquer.

4.1.1.2 Processus

Dans le domaine des processus, deux constats principaux se démarquent : le manque d'objectif, ainsi que le manque de capitalisation des documents. Le manque d'objectif reste lié avec le précédent constat : les collaborateurs se lancent dans l'implémentation du BIM, mais sans savoir où ils vont vraiment.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

« On se bat avec tout ça. Quels sont les processus ? »

BIM manageur groupe

« Le BIM : c'était un nuage un peu flou. On ne savait pas ce qu'on avait, comment travailler, anticiper. On ne sait ni où on va ni les moyens qu'on a : on ne peut pas anticiper. »

Chef de projet – architecte

Les collaborateurs partant du principe qu'ils *doivent* implémenter le BIM, ils le font sans connaître les processus et savoir ce que cela peut impliquer, et donc sans anticiper.

Le manque de capitalisation se constate à l'échelle de l'entreprise. Dans chacune des agences visitées (dans les trois villes différentes), différents documents existent concernant les méthodes à mettre en place, les gabarits, et toute la documentation qui peut s'avérer utile voir nécessaire pour travailler un premier projet en BIM. Mais ces documents ne sont pas

centralisés : ils restent au sein de l'équipe qui les a créés, éventuellement de l'agence à laquelle l'équipe appartient, mais ne sont pas partagés à l'échelle nationale.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

"On n'a rien capitalisé, ce qui est dommage. C'est ce qu'on devrait faire là, éviter que chaque agence ne refasse le travail qui a bien été fait dans une autre agence. »

Architecte / BIM référente

Il faut que chacun arrête de faire dans son coin. Il faut une base commune pour tout AIA, il faut raviver l'esprit de groupe. »

BIM coordinateur

Parmi les collaborateurs, beaucoup ont affirmé avoir écrit des documents, ou des fiches explicatives, qui n'ont cependant pas été communiquées à l'ensemble de l'entreprise.

Malgré une volonté d'avancer, il y a donc un manque de capitalisation et de partage des informations et des méthodologies mises en place.

4.1.1.3 Aspect technique

Deux constats se rangent dans la catégorie technique : le niveau de détail et la transition vers un nouveau logiciel (ici, Revit).

Le niveau de détail est problématique car il n'a pas été fixé au préalable. Tel qu'expliqué précédemment, les collaborateurs se lancent dans l'implémentation et l'utilisation des outils BIM sans vraiment savoir où ils vont, et cet aspect technique en est un exemple : le niveau de détail n'ayant pas été pré défini, les collaborateurs vont parfois trop loin dans le détail à des stades où ce n'est pas utile, et perdent ainsi beaucoup en temps de travail.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

« Aujourd'hui : on gère énormément d'informations, trop tôt. Alors qu'avec AutoCAD, tu sais filtrer, tu ne gères pas tout. »

Chef de projet – architecte

« On y gagne en qualité de rendu et de conception. Mais on prend aussi plus de temps : on prend le temps de régler les problèmes qu'on voit alors que ce n'est pas forcément urgent. »

Projeteur structure

Les utilisateurs directs ainsi que les gestionnaires ont donc conscience de ce problème, après avoir travaillé sur un projet. La définition du niveau de détail est donc un processus important à mettre en place.

La transition vers le nouveau logiciel (c'est-à-dire d'AutoCAD à Revit) semble suivre une courbe similaire pour tous les collaborateurs rencontrés : au début, une période où ils perdent énormément de temps et où le changement leur paraît extrêmement négatif. Revit est un logiciel très différent qui demande énormément d'anticipation et d'informations dès le début de la modélisation, ce qu'ils n'étaient pas habitués à mettre en place. Puis, une fois familiarisés avec la nouvelle plateforme et aptes à l'exploiter au maximum de ses capacités, tous s'accordent à dire qu'ils ne souhaitent plus revenir à AutoCAD.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

« On a fait beaucoup de conneries. On a fait énormément d'erreurs, on ne savait pas utiliser le logiciel. On a eu de multiples réunions de crise. Aujourd'hui ça va mieux ! »

Architecte

« Je suis très content d'abandonner AutoCAD. Sauf pour ouvrir quelques fichiers des ingénieurs. »

Architecte

« Etant repassé sur AutoCAD il n'y a pas longtemps : je me demande comment on a fait pour ne pas se mettre à Revit plus tôt. »

Projeteur structure

Donc malgré une période de transition chaotique et déplaisante pour beaucoup, l'adaptation au nouveau logiciel se fait bien et les collaborateurs en donnent un ressenti positif.

4.1.1.4 Gestion des ressources

L'aspect humain se centralise sur un constat principal : la communication est un élément absolument central et inévitable pour travailler avec le BIM. Afin de mettre en place les nouvelles procédures, d'apprendre à utiliser le logiciel, de travailler en équipe autour de la maquette, etc., la communication est la clé au bon fonctionnement. C'est ce qu'ont conclu toutes les équipes ayant évolué autour du BIM et de son implémentation.

Quelques extraits d'entretiens viennent soutenir ce constat :

« Sans communication, le BIM c'est une bombe à retardement. »

Ingénieur – responsable structure

« En BIM tout le monde doit bosser ensemble »

Ingénieur – responsable CVC

« Ça a créé une discussion entre les gens, et un esprit d'équipe phénoménal »

Chef de projet – architecte

« Faut que les gens se parlent, c'est un peu la conclusion de tout ça. »

Ingénieur – responsable électricité

Cet aspect, bien qu'important, s'est globalement mis en place de façon naturelle au sein de l'agence. Les quatre projets ont fonctionné avec une communication omniprésente à l'interne (avec des variations selon les collaborateurs impliqués). Avec les entreprises extérieures toutefois, les processus de communication pourraient bénéficier d'être retravaillés et documentés.

4.1.1.5 BIM managers

Ces postes ont été créés quelques mois avant notre période in-situ (comme développé dans le contexte de la recherche). Ils sont donc assez nouveaux pour l'agence, tout comme ils le sont de façon générale dans l'industrie de la construction. La définition de leurs tâches et de leurs

responsabilités reste floue. Durant les entretiens, il a été demandé aux collaborateurs (pour rappel 31 collaborateurs ont été interrogés) d'expliquer ce poste de BIM manager, ses responsabilités, ses tâches, etc. Le panel de réponses obtenues est assez vaste, comme le montre la Figure 4.1.

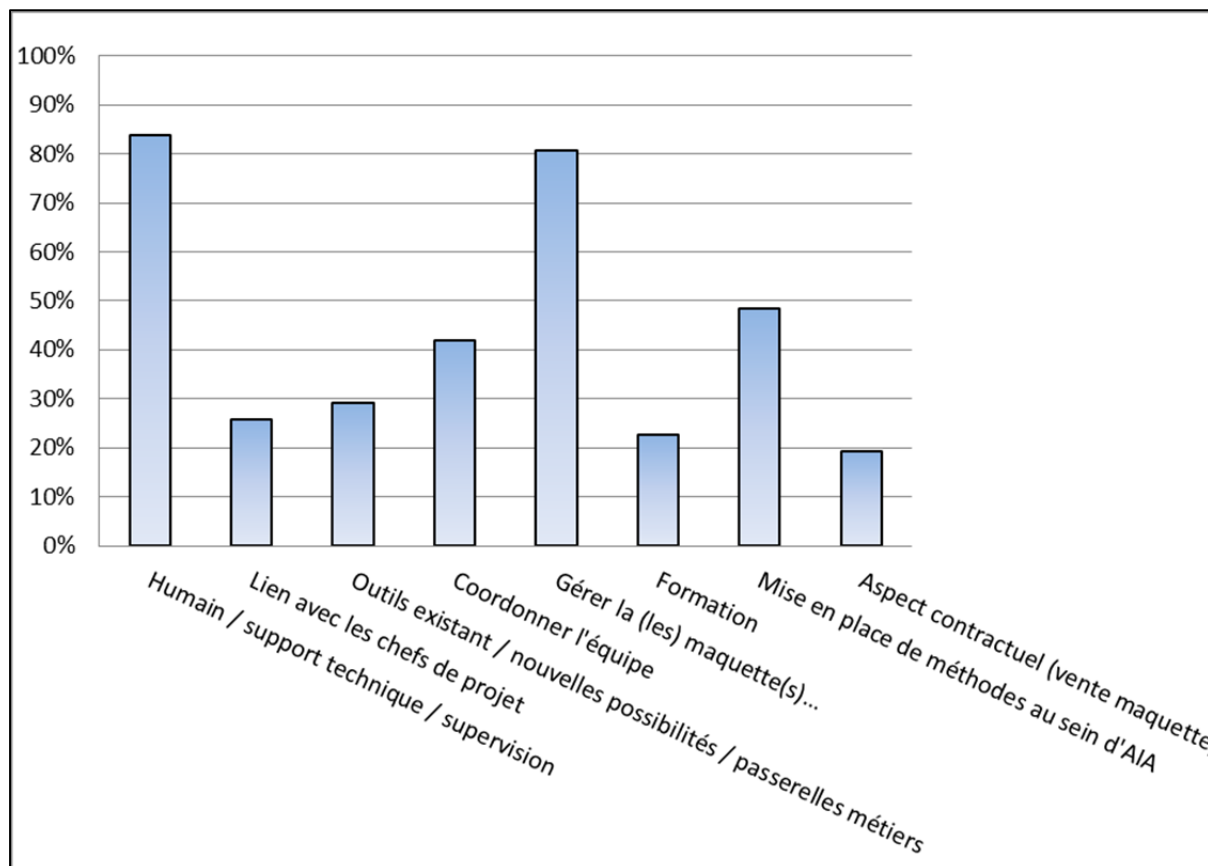


Figure 4.1 Les rôles attribués au BIM Manager

Les principaux rôles attribués sont :

- le support technique et l'humain : être présent pour répondre aux questions au jour le jour, aider les collaborateurs à s'organiser, être là en tant que support, etc. (84% des personnes rencontrées ont cité ce rôle) ;
- la gestion des maquettes : s'occuper de la création et du découpage des maquettes, gérer le lien entre les maquettes existant autant à l'interne qu'avec les autres entreprises,

- réparer les maquettes en cas de crash, etc. (84% des personnes rencontrées ont cité ce rôle) ;
- l'implémentation : mettre en place des méthodes au sein de l'entreprise, gérer l'organisation liée au BIM (48% des personnes rencontrées ont cité ce rôle).

Les collaborateurs citent également: la coordination de l'équipe, l'exploration des nouvelles options disponibles sur le marché (recherche et développement), le soutien au chef de projet, les formations, la gestion de l'aspect contractuel et légal de la maquette.

Ce rôle n'est donc pas appréhendé de la même manière par tous, et qu'énormément de responsabilités lui sont attribuées. Ces variations sont dues à plusieurs facteurs : la proximité plus ou moins développée de la personne rencontrée avec un BIM Manager, et le projet concerné : le BIM étant implémenté à divers degrés, chaque BIM Manager a adapté son poste en fonction des besoins du projet.

4.1.1.6 Chefs de projet

Le rôle et l'implication des chefs de projet et leur impact sur l'implémentation du BIM était une des questions posées par la direction de l'entreprise au début de notre projet.

Après la période in-situ et l'ensemble de la récolte de données, il ressort que le niveau d'implication des chefs de projet dans l'aspect BIM des projets est en effet très variable d'un projet à l'autre. Sur un projet par exemple, le chef de projet architecte ne s'implique absolument pas dans les processus liés au BIM et n'a aucune connaissance du fonctionnement du logiciel ni de l'organisation : en revanche, l'assistant chef de projet est très impliqué dans cette organisation. Sur un second projet, le chef de projet architecte est directement impliqué. D'après nos observations, le projet a toujours besoin de quelqu'un pour superviser l'aspect BIM – si le chef de projet ne s'en charge pas, ce rôle sera endossé par quelqu'un d'autre (ici l'assistant chef de projet, ailleurs le BIM Manager par exemple).

Quelques extraits d'entretiens montrent le faible niveau d'implication ou de connaissance de quelques chefs de projet rencontrés :

« Le BIM c'est un peu une nébuleuse pour moi. Une maquette partagée sur laquelle tout le monde travaille. Mais après... »

Chef de projet – architecte

« Mais je n'ai jamais ouvert la maquette – je l'ai déjà vue sur les écrans des autres »

Chef de projet – ingénieur

Sur les quatre projets observés, beaucoup de différences sont constatées entre les chefs de projets (ingénieurs ou architectes). Cependant, les projets étant eux-mêmes très différents (échelle, localisation, niveau d'utilisation du BIM...) il est difficile de faire une corrélation directe entre le « succès » du projet vis-à-vis de l'implémentation du BIM, et l'implication du chef de projet.

4.1.2 Typologies

Comme expliqué dans le CHAPITRE 2, les schémas réalisés par les collaborateurs durant les entretiens sont utilisés pour voir les différentes façons d'appréhender l'organisation du projet, suivant le projet et le poste du collaborateur. Ainsi, l'ensemble des schémas est séparé en trois différentes typologies présentant des caractéristiques similaires. Cette partie explique les caractéristiques des collaborateurs correspondant à chaque typologie, et montre une représentation générale des schémas réalisés en entretien par ces collaborateurs.

L'ANNEXE IV montre un exemple de schéma réalisé par un collaborateur pour un des projets.

4.1.2.1 Typologie 1

La première typologie regroupe des utilisateurs directs de la maquette. Ils sont architectes, ingénieurs, ou font partie de l'équipe BIM (c'est-à-dire BIM Managers et BIM Coordinateurs). Dix des collaborateurs interviewés appartiennent à cette typologie.

La caractéristique principale de leur représentation est l'aspect **central** de la maquette. Ces acteurs représentent toute l'organisation des projets autour des maquettes du projet. La Figure 4.2 montre l'aspect type qu'ont les schémas représentés par les acteurs appartenant à la typologie 1.

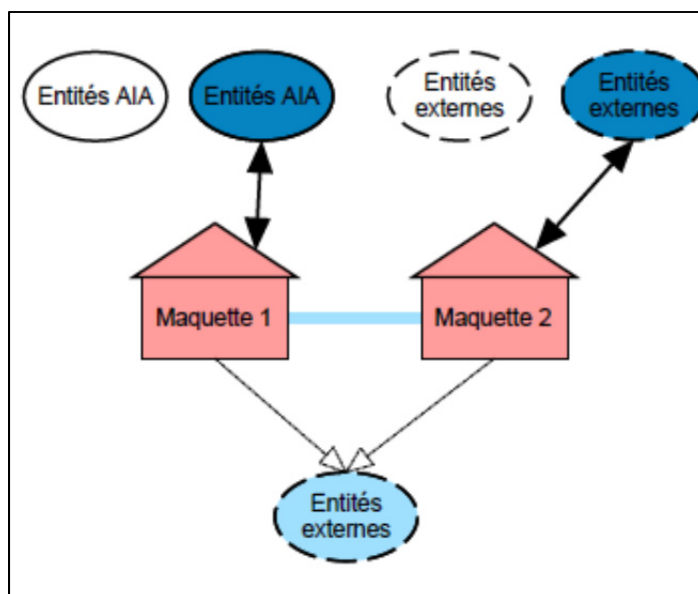


Figure 4.2 Typologie 1 – représentation générale

La première image de l'ANNEXE IV correspond à cette typologie, et a été réalisée par un collaborateur rencontré, concernant un projet particulier. L'aspect principal à voir ici est représenté en rouge : les **maquettes**, qui sont au centre et autour desquelles s'articule toute l'organisation du projet.

4.1.2.2 Typologie 2

La seconde typologie regroupe des collaborateurs qui ne travaillent pas dans la maquette, mais travaillent en collaboration avec les utilisateurs directs de la maquette. Ils sont principalement ingénieurs, mais également architectes. Huit des collaborateurs interviewés appartiennent à cette typologie.

La caractéristique principale de leur représentation est l'aspect central des **métiers**. C'est autour des différents métiers et corps de métiers qu'ils articulent leur schéma. La Figure 4.3 montre l'aspect type qu'ont les schémas représentés par les acteurs appartenant à la typologie 2.

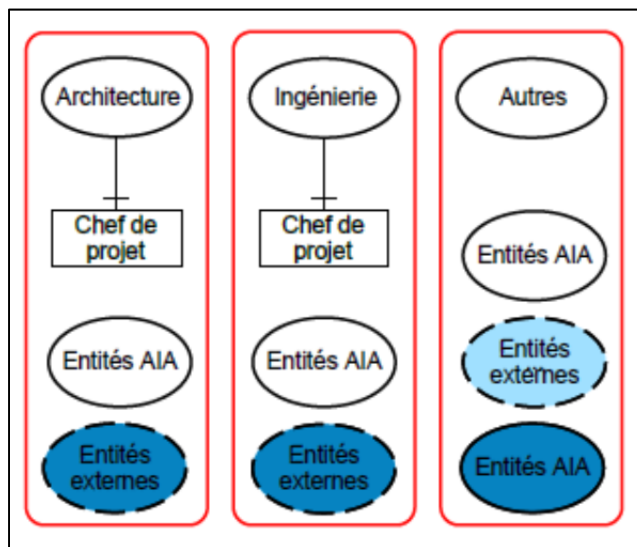


Figure 4.3 Typologie 2 – représentation générale

La seconde image de l'ANNEXE IV correspond à cette typologie, et a été réalisée par un collaborateur rencontré, concernant un projet particulier. L'aspect principal à voir ici est représenté en rouge : la séparation des acteurs du projet par rapport à leur **métier**.

Dans tous les schémas concernés ici, très peu d'importance est accordée au BIM, qui est souvent représenté comme une entité (au même titre que l'économie par exemple). L'organisation des équipes est représentée de façon très hiérarchique : les acteurs ne voient pas de changement sur l'organisation suite à l'implémentation du BIM.

4.1.2.3 Typologie 3

La troisième typologie regroupe des collaborateurs qui ne travaillent pas dans la maquette. Ils sont chefs de projet, architectes comme ingénieurs. Cinq des collaborateurs interviewés appartiennent à cette typologie.

La caractéristique principale de leur représentation est la centralisation autour du **projet** et du management. La Figure 4.4 montre l'aspect type qu'ont les schémas représentés par les acteurs appartenant à la typologie 3.

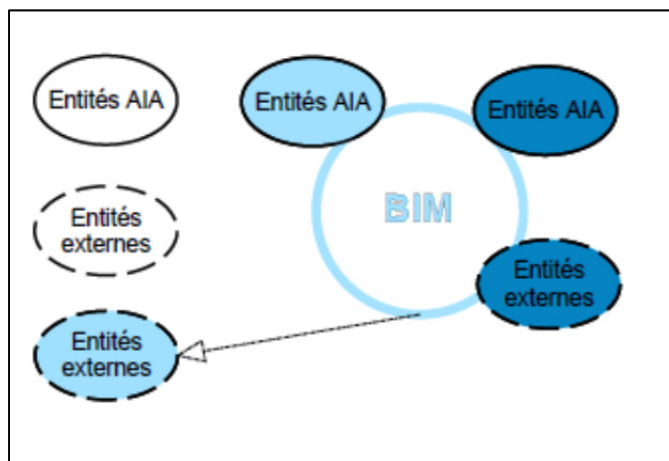


Figure 4.4 Typologie 3 – représentation générale

La troisième image de l'ANNEXE IV correspond à cette typologie, et a été réalisée par un collaborateur rencontré, concernant un projet particulier. L'aspect principal est la représentation centrée autour du **BIM**, souvent de façon circulaire, les diverses entités s'articulant autour de la maquette. Les collaborateurs ont une vision d'ensemble du projet et le BIM est très présent : la représentation semble même parfois utopique par rapport à la réalité du projet.

Les collaborateurs appartenant à cette typologie d'acteurs sont des chefs de projet, et leur représentation ressemble plus à la représentation théorique de l'organisation optimale autour du BIM qu'à celle de leur projet. On observe donc un décalage entre leurs perceptions et celles des autres collaborateurs impliqués dans le projet.

En conclusion de cette analyse, une **grande diversité** dans les **perceptions** des acteurs des projets est observée : selon leur utilisation (ou non) du logiciel et leur participation au

développement de la maquette, mais également selon le poste qu'ils occupent au sein de l'entreprise, ils appréhendent l'organisation de l'équipe du projet de façon très différente.

4.1.3 Cartographie des projets

Dans le but d'appréhender et de comparer l'organisation liée au BIM de chacun des quatre projets et en se basant sur les données obtenues en entretien, l'implication liée au BIM des entités participant aux projets a été schématiquement représentée de deux manières différentes.

Une première cartographie représente les entités internes à l'entreprise, et une seconde représente toutes les entités présentes sur le projet (dans la limite de nos connaissances). Cette partie présente les deux types de cartographies réalisées pour les quatre projets.

4.1.3.1 Première cartographie : entités internes

Tel qu'expliqué dans le second chapitre, l'agence sélectionnée comme étude de cas présente la particularité de posséder un département architecture et un département ingénierie (entre autres corps de métiers) qui travaillent ensemble.

L'objectif de cette première cartographie est de visualiser les entités de l'agence, et de distinguer celles qui sont ou non impliquées dans les projets et dans l'implémentation du BIM. Cela permet de visualiser les différences entre les quatre projets étudiés.

Les entités de l'agence représentées sur ces cartographies sont les suivantes :

- architecture : gestion du projet et architectes ;
- ingénierie : gestion du projet, électricité, CVC (chauffage, ventilation et climatisation), et structure ;
- autres entités : synthèse, VRD (voiries et réseaux divers), HQE (haute qualité environnementale), économiste, équipe BIM.

Afin de distinguer les entités suivant leur implication dans le projet et dans le BIM, un code couleur dont les échelons sont les suivantes est mis en place :

- dans le projet / intégré au processus BIM / utilise le logiciel Revit ;
- dans le projet / intégré au processus BIM / n'utilise pas le logiciel Revit ;
- dans le projet / pas intégré au processus BIM / n'utilise pas le logiciel Revit ;
- pas dans le projet.

Ces quatre échelons permettent de visualiser directement plusieurs choses : à quel point l'agence est impliquée dans le projet (si elle prend en charge tous les aspects du projet ou seulement l'architecture par exemple), à quel point elle est impliquée avec le BIM (selon le nombre d'entités travaillant sur le projet étant intégré au processus BIM ou non, soit les trois premiers échelons), et à quel *degré* elle est impliquée dans le BIM (différence entre les deux premiers échelons).

Cette cartographie est donc représentée pour les quatre projets observés.

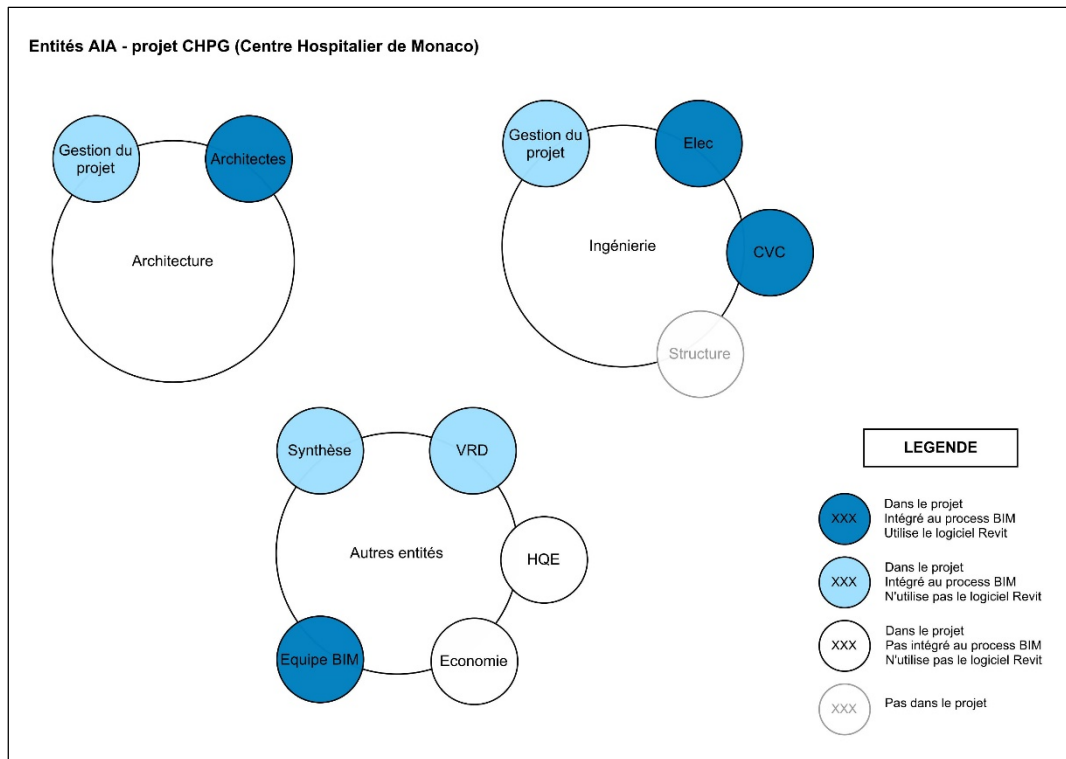


Figure 4.5 Cartographie n°1 – Projet n°1

Comme le montre la Figure 4.5 ci-dessus, sur le premier projet, presque toutes les entités de l'agence sont impliquées. Seule la structure ne l'est pas, elle est la responsabilité d'une entreprise extérieure, qui a refusé de s'intégrer au processus BIM et d'utiliser le logiciel Revit. Ce projet est le plus gros de l'agence, même sans prendre en considération le fait qu'il se fait en BIM. Il a réquisitionné une quinzaine d'architectes au début (durant notre période in-situ, l'équipe à temps plein sur le projet s'était réduite à environ 3 architectes) et environ autant d'ingénieurs. Parmi les entités de l'entreprise, seules deux ne sont intégrées au processus BIM : l'économiste et l'équipe HQE. D'après les entrevues réalisées, ces deux entités ont pour objectif de s'y intégrer mais n'ont pas réussi à mettre en place de nouvelles méthodes de travail à temps pour la réalisation du projet.

D'après cette première cartographie, le premier projet est impliqué dans le BIM à un degré important.

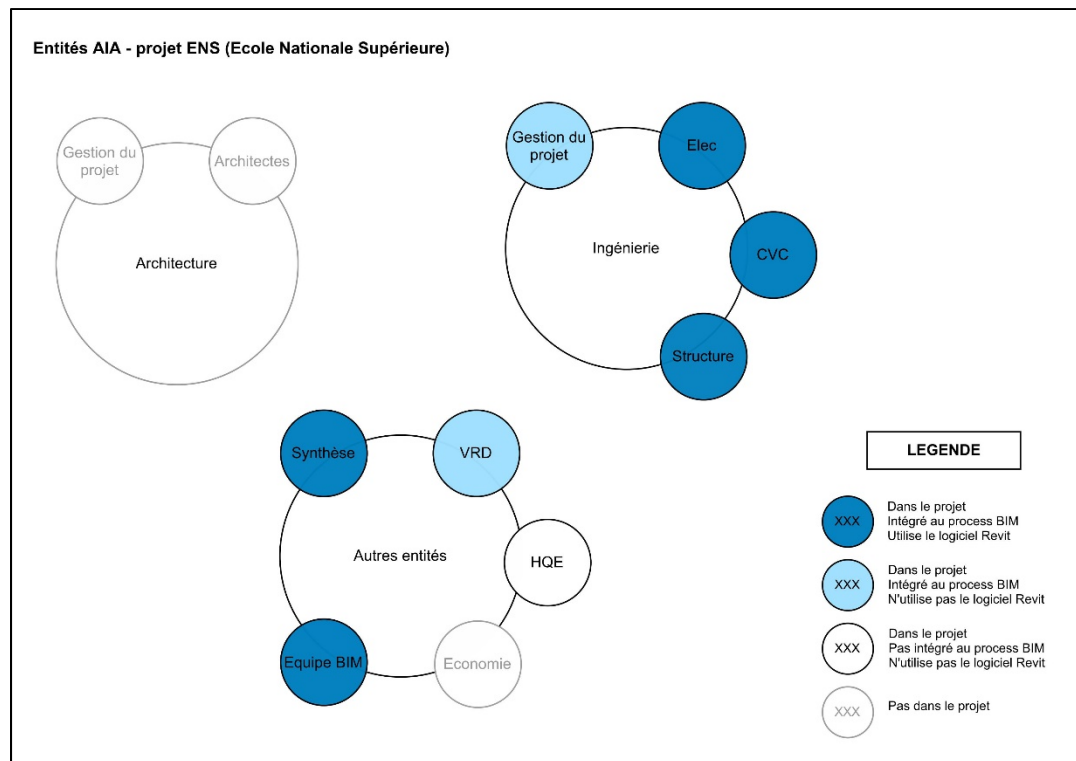


Figure 4.6 Cartographie n°1 – Projet n°2

Comme le montre la Figure 4.6 ci-dessus, sur le second projet, l'agence n'est pas chargée de l'architecture ni de l'économie. Parmi toutes les autres entités de l'agence présente dans le projet, toutes les entités (sauf le HQE) sont intégrées au processus BIM, et une grande proportion utilisent le logiciel Revit.

La particularité de ce projet, qui explique son fort degré d'implication dans le BIM malgré le fait que l'entreprise n'est responsable que d'une partie du projet, réside dans le fait que l'architecte mandataire a posé l'utilisation de Revit et le travail autour du BIM comme condition pour l'embauche de toutes les entreprises. L'agence est donc *obligée* d'utiliser le BIM pour pouvoir travailler sur ce projet.

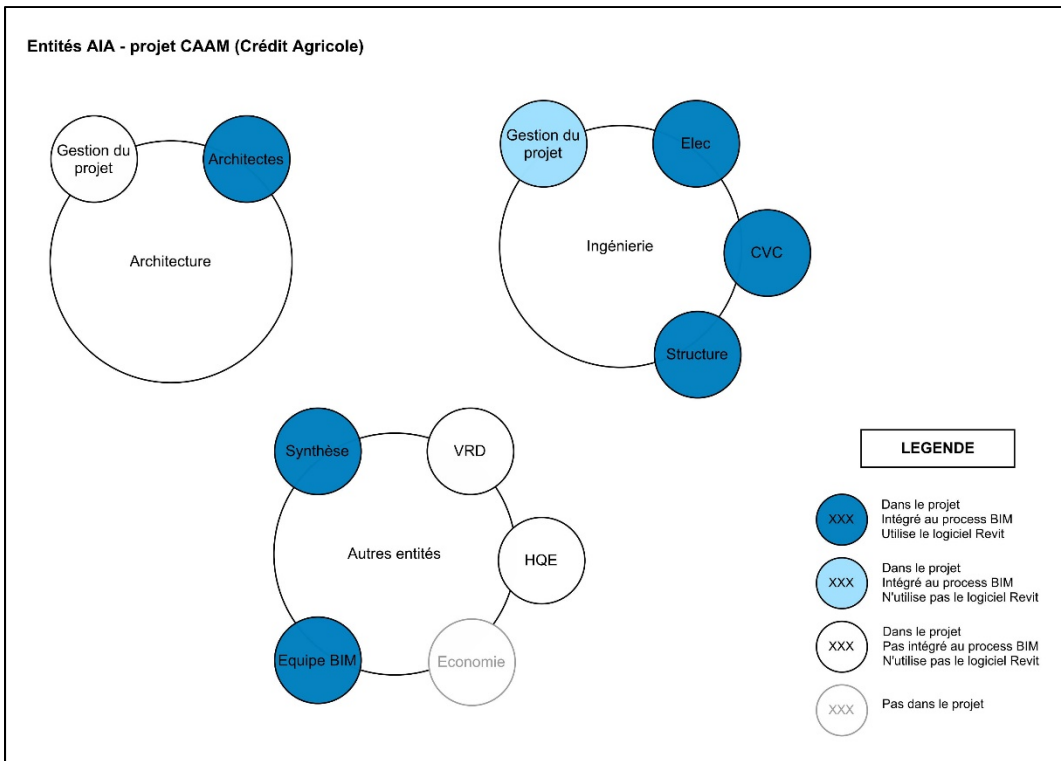


Figure 4.7 Cartographie n°1 – Projet n°3

Comme le montre sur la Figure 4.7 ci-dessus, toutes les entités représentées sauf l'économie participent au troisième projet. La plupart sont intégrées dans le processus BIM. Seuls le VRD et l'équipe HQE ne le sont pas, mais de la même manière que dans le premier projet, ces équipes sont en étude pour s'intégrer au processus BIM mais n'étaient pas prêtes à s'y intégrer sur ce projet.

Un point intéressant de ce projet est la gestion de projet de l'architecture : le chef de projet n'est pas intégré au processus BIM, mais l'équipe d'architectes l'est et réalise une maquette sur Revit. Cela semble contradictoire au début, mais s'explique par le fait que l'assistant du chef de projet a repris les responsabilités du chef de projet vis-à-vis de l'implémentation et de l'organisation du BIM.

Ce projet est impliqué dans le BIM à un degré important également, malgré quelques contradictions au sein des équipes.

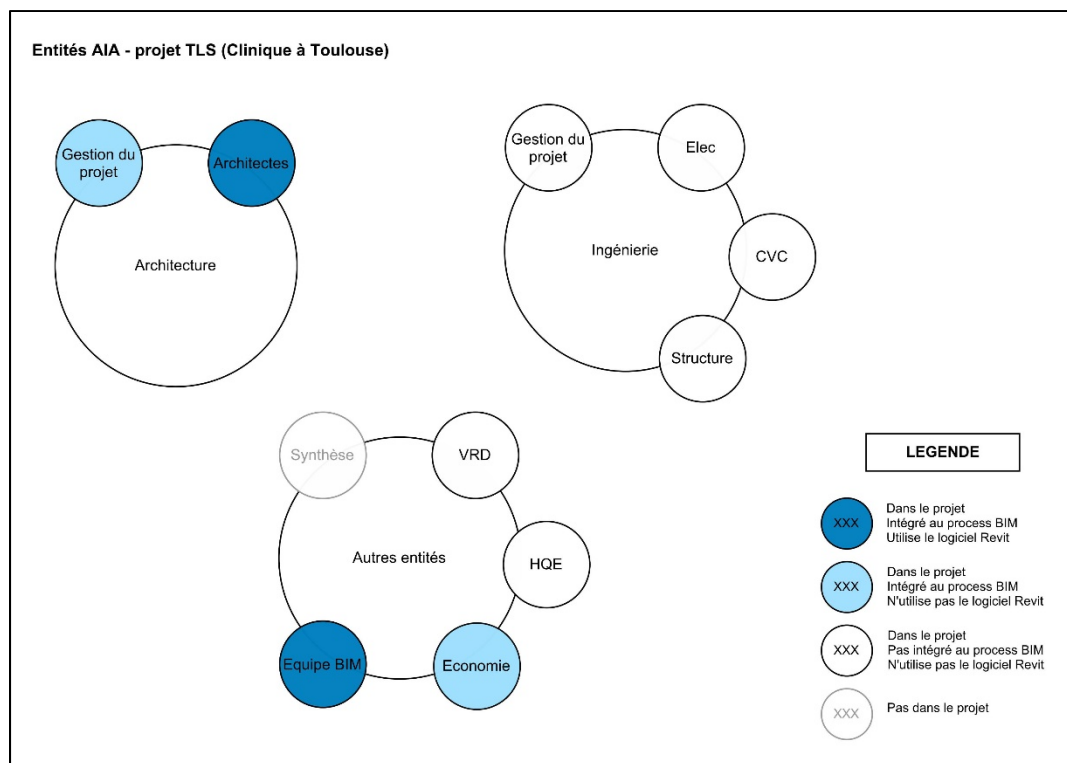


Figure 4.8 Cartographie n°1 – Projet n°4

Comme le montre la Figure 4.8 ci-dessus, ce quatrième projet est bien moins impliqué dans le processus BIM que les trois précédents, puisque seulement quelques-unes des entités sont intégrées au processus et seuls les architectes (et l'équipe BIM) utilisent le logiciel Revit. L'ensemble des entités d'ingénierie travaillent pourtant sur ce projet, mais elles ont choisi de travailler comme à leur habitude et refusé de travailler avec un nouveau logiciel et de nouvelles pratiques.

Sur ce projet, il n'est donc pas vraiment juste de parler de « BIM » : seule l'équipe d'architecture travaille à modéliser son projet sous Revit, et très peu de processus et de méthodologies sont mises en place autour. Il est donc en Revit plutôt qu'en BIM.

En conclusion, cette première cartographie permet de visualiser les écarts entre les quatre projets en considérant seulement les entités appartenant à l'agence.

Ces cartographies ont été présentées à la direction de l'entreprise lors de la présentation de validation terminant la période in-situ. Cela leur a permis de comprendre et de visualiser les variations entre les projets.

4.1.3.2 Seconde cartographie : entités internes et externes

L'objectif de cette seconde cartographie est d'appréhender le degré d'implication des diverses entités dans le BIM, de la même manière que le premier, et ce avec le même code couleur et les mêmes échelons ; la différence principale résidant dans le fait que cette cartographie inclut les entités externes à l'entreprise. Elle permet ainsi de visualiser les mêmes points que la première, mais à l'échelle du projet dans son ensemble.

Les principales entités représentées sur ces cartographies sont les suivantes :

- architecture : chef de projet, architectes ;
- ingénierie : chef de projet, électricité, CVC et structure (principalement) ;
- BIM : manager groupe, coordinateur(s) agence(s) ;
- autres entités : économiste, synthèse, VRD¹⁰ ;
- sous – traitants : cuisiniste, acousticien, paysagiste, etc.

Le code couleur et les échelons représentant le degré d'implication de chacune de ces entités dans l'implémentation et l'utilisation du BIM sur le projet sont identiques à ceux de la première cartographie.

¹⁰ Voirie et Réseaux Divers (abréviation du corps de métier utilisée en France)

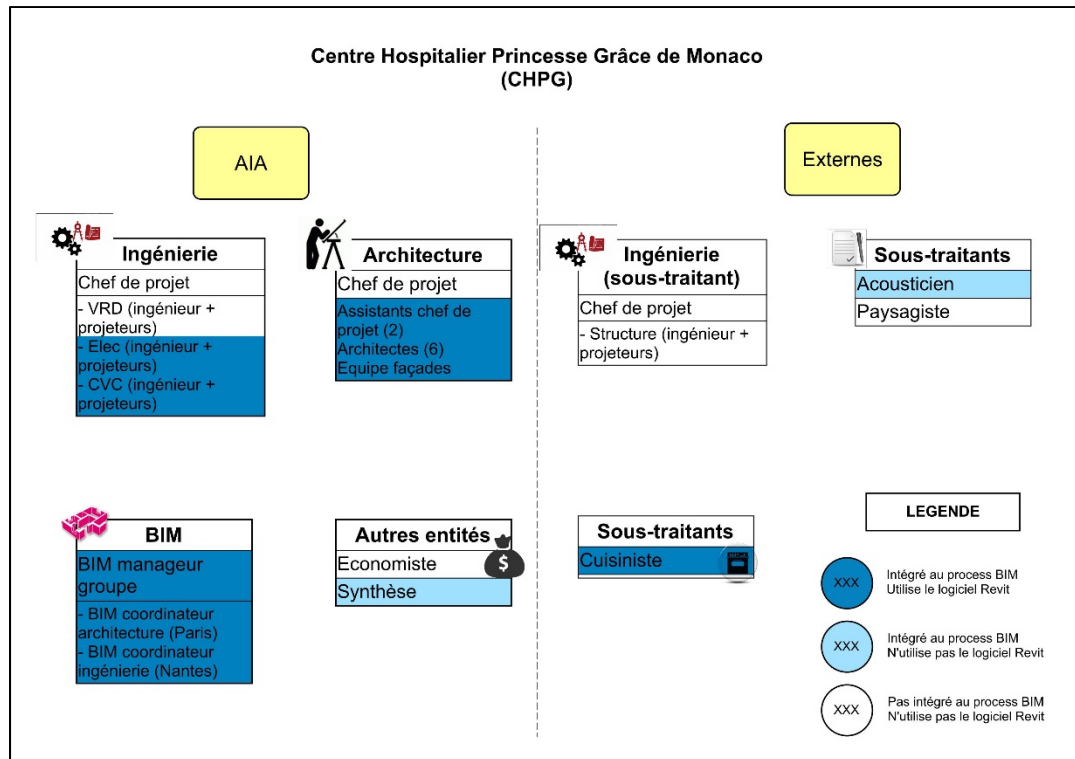


Figure 4.9 Cartographie n°2 – Projet n°1

Comme le montre la Figure 4.9 ci-dessus, sur le premier projet, la majorité des entités sont intégrées au processus BIM. Comme le montrait la première cartographie, la structure est gérée par une entreprise externe qui est une des seules à ne pas s'impliquer.

Dans l'ensemble, ce projet a montré un degré d'implication important au sein d'AIA. Toutefois, il ne peut être qualifié de « projet BIM » qu'à un certain degré : c'est principalement à l'interne qu'ont été réalisées des maquettes. La seule entreprise externe ayant travaillé directement sur Revit et avec laquelle les collaborateurs ont dû travailler directement a été le cuisiniste, l'acousticien ayant récupéré quelques informations de la maquette.

Tout l'aspect du BIM lié au travail collaboratif et au partage des maquettes entre plusieurs entreprises n'est donc pas mis en place ici.

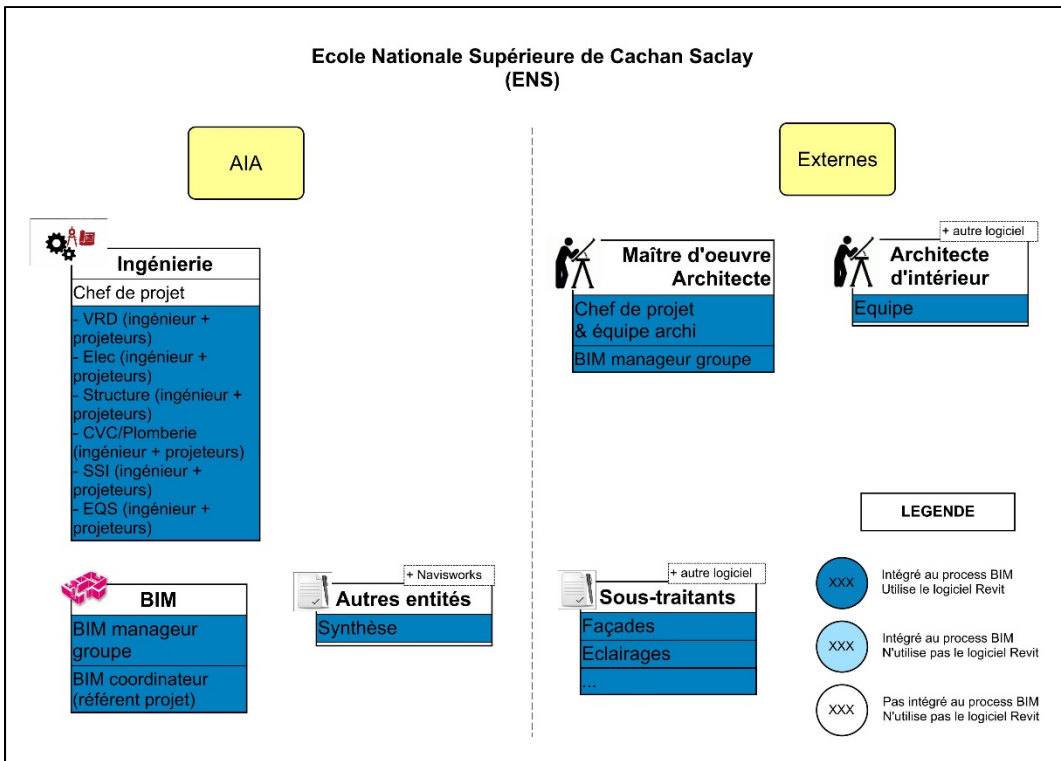


Figure 4.10 Cartographie n°2 – Projet n°2

Comme le montre la Figure 4.10 ci-dessus, sur le second projet, **toutes** les entités impliquées sont intégrées au processus BIM et utilisent soit le logiciel Revit, soit un autre logiciel adapté à leur corps de métier (par exemple, la synthèse qui fait principalement de la détection d'interférences, utilise Navisworks). Tel qu'expliqué via la première cartographie, l'architecte mandataire a exigé l'utilisation du BIM lors de la sélection des entreprises. Toutes les entités représentées ici sont donc forcément impliquées dans le processus. Contrairement au premier projet, le travail collaboratif et le partage des documents sont donc des passages obligatoires pour la gestion de ce second projet. Cependant, la centralisation des maquettes et la gestion du projet vis-à-vis du BIM est faite par l'architecte mandataire et non pas par AIA : l'entreprise observée a « simplement » dû suivre le processus mis en place (par exemple, un dépôt journalier de leur maquette sur un serveur géré par l'architecte). L'agence travaille donc ici de façon collaborative autour du BIM, mais n'est pas en contrôle de tous les processus.

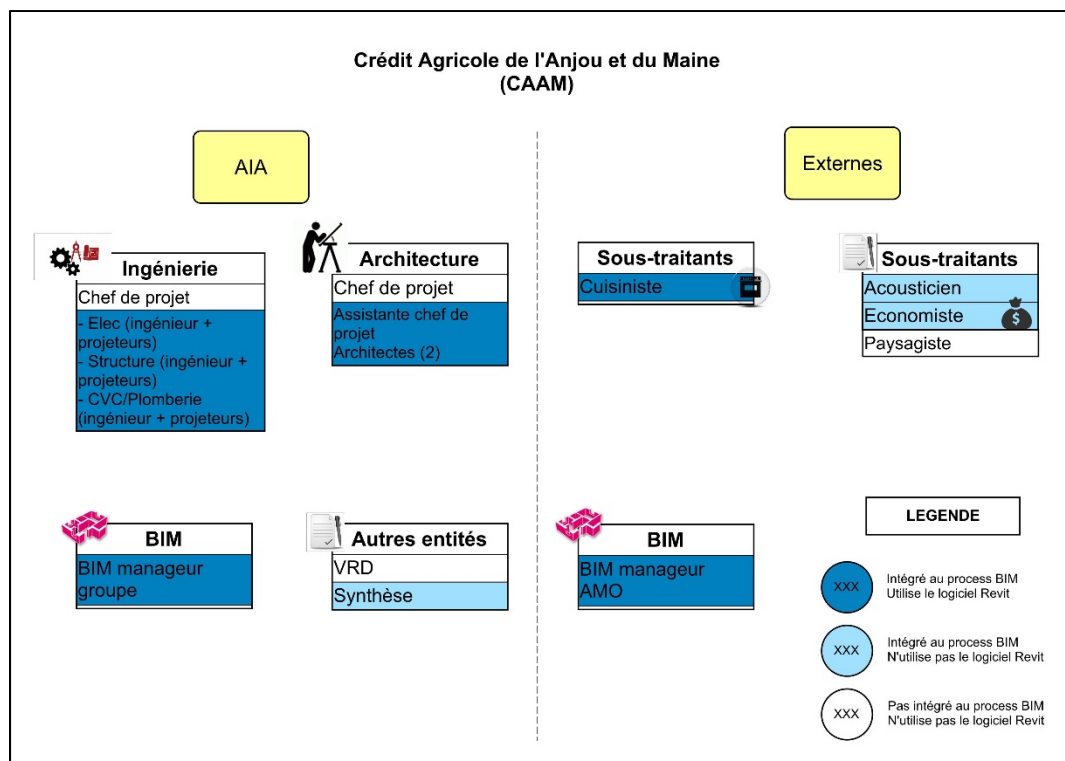


Figure 4.11 Cartographie n°2 – Projet n°3

Comme le montre la Figure 4.11 ci-dessus, la plupart des entités sont intégrées au processus BIM. Seuls le VRD et le paysagiste (qui travaillent ensemble) ne le sont pas, mais leur implication était en projet lors de notre période in-situ.

Comme le précédent, ce projet implique donc un travail collaboratif et une gestion du partage des maquettes par exemple, entre les entreprises impliquées – le BIM est intégré à l'échelle du projet et pas seulement à l'échelle de l'entreprise. Cependant, la gestion du BIM a été confiée par le client à un AMO (assistance à la maîtrise d'ouvrage) extérieur : c'est lui qui est chargé de la gestion des maquettes, de l'organisation des partages, etc. De la même manière que pour le second projet, l'agence travaille donc ici de façon collaborative autour du BIM, mais n'est pas en contrôle de tous les processus.

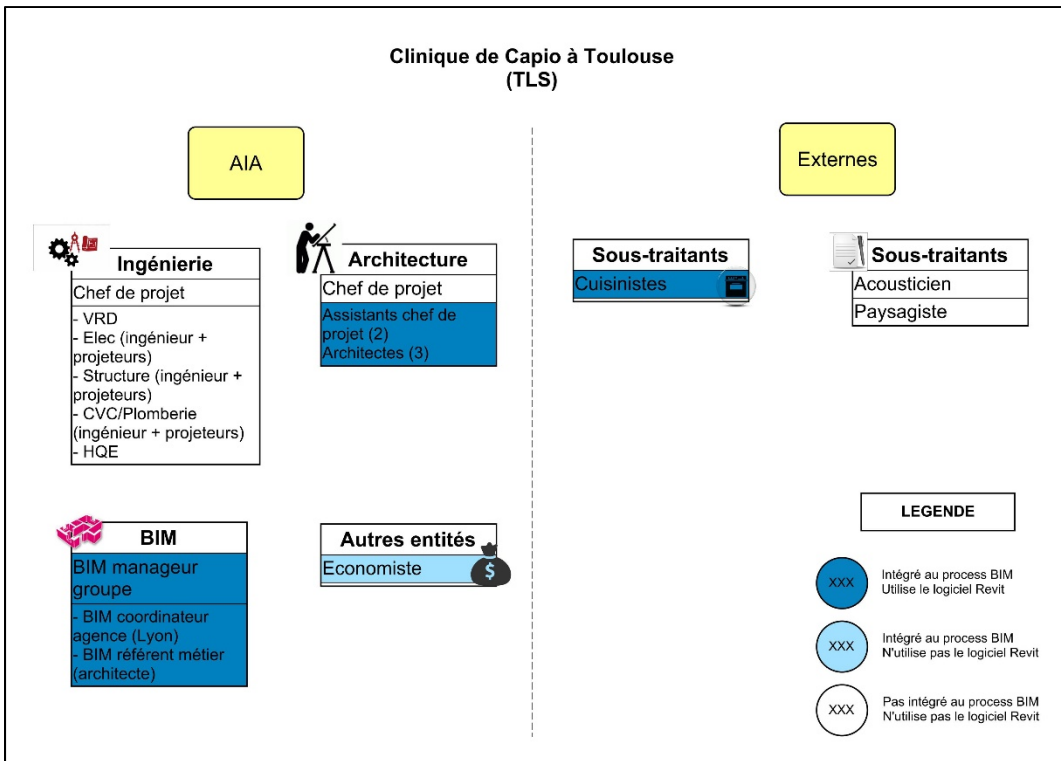


Figure 4.12 Cartographie n°2 – Projet n°4

Comme le montre la Figure 4.12 ci-dessus, ce quatrième projet est moins intégré dans les processus BIM que les précédents. Tel que constaté grâce à la première cartographie, parmi les entités internes de l'entreprise, seules les équipes d'architecture et BIM utilisent le logiciel Revit. L'économiste est intégré au processus BIM, mais de façon unilatérale : il récupère en effet des informations tirées de la maquette, mais n'en injecte pas dans la maquette.

Parmi les entités externes, seul le cuisiniste est intégré au processus BIM. Le seul lien à gérer a donc été entre la maquette architecture d'AIA et la maquette du cuisiniste. Mis à part cela, toutes les autres entités ont travaillé de manière « traditionnelle » et les maquettes ont donc été exportées aux formats habituels (c'est-à-dire DWG, le format d'AutoCAD, ou bien PDF). L'agence a donc travaillé de façon collaborative autour du BIM mais de façon très limitée sur ce projet.

En conclusion, cette seconde cartographie permet de visualiser les différences entre les quatre projets en appréhendant l'ensemble des entités et entreprises travaillant sur ce projet.

Toutefois, la vision détaillée obtenue concerne le fonctionnement des entités appartenant à l'entreprise étudiée mais les informations concernant le degré d'implication lié au BIM des entreprises externes ne concernent que les **perceptions** des collaborateurs rencontrés. Cela limite donc la compréhension globale des processus liés au BIM sur les projets.

4.1.4 Niveaux de maturité

La grille de maturité remplie ici est développée à partir de notre état de l'art, basée sur la grille de maturité du CIC (2013) et adaptée à notre contexte (comme développé dans la méthodologie, voir 2.3.2.3). Elle est ici appliquée à l'échelle de l'unité d'analyse (le projet). Les données recueillies pendant les entretiens, qui sont donc tirées des perceptions des collaborateurs et de nos perceptions après la période in-situ, sont utilisées.

Les niveaux de maturité se présentent sous forme d'un diagramme dit araignée, correspondant au profil de maturité de chacun des quatre projets. L'objectif de ce diagramme est de visualiser le niveau **perçu** par rapport au niveau **possible** pour chacune des six catégories existant au sein de notre grille de maturité. La suite de cette partie présente les profils de maturité des quatre projets, puis une comparaison des quatre.

4.1.4.1 Présentation des quatre profils de maturité

Les profils obtenus pour chacun des quatre projets sont présentés ici, les critères les plus avancés ainsi que les moins avancés pour chacun sont expliqués.

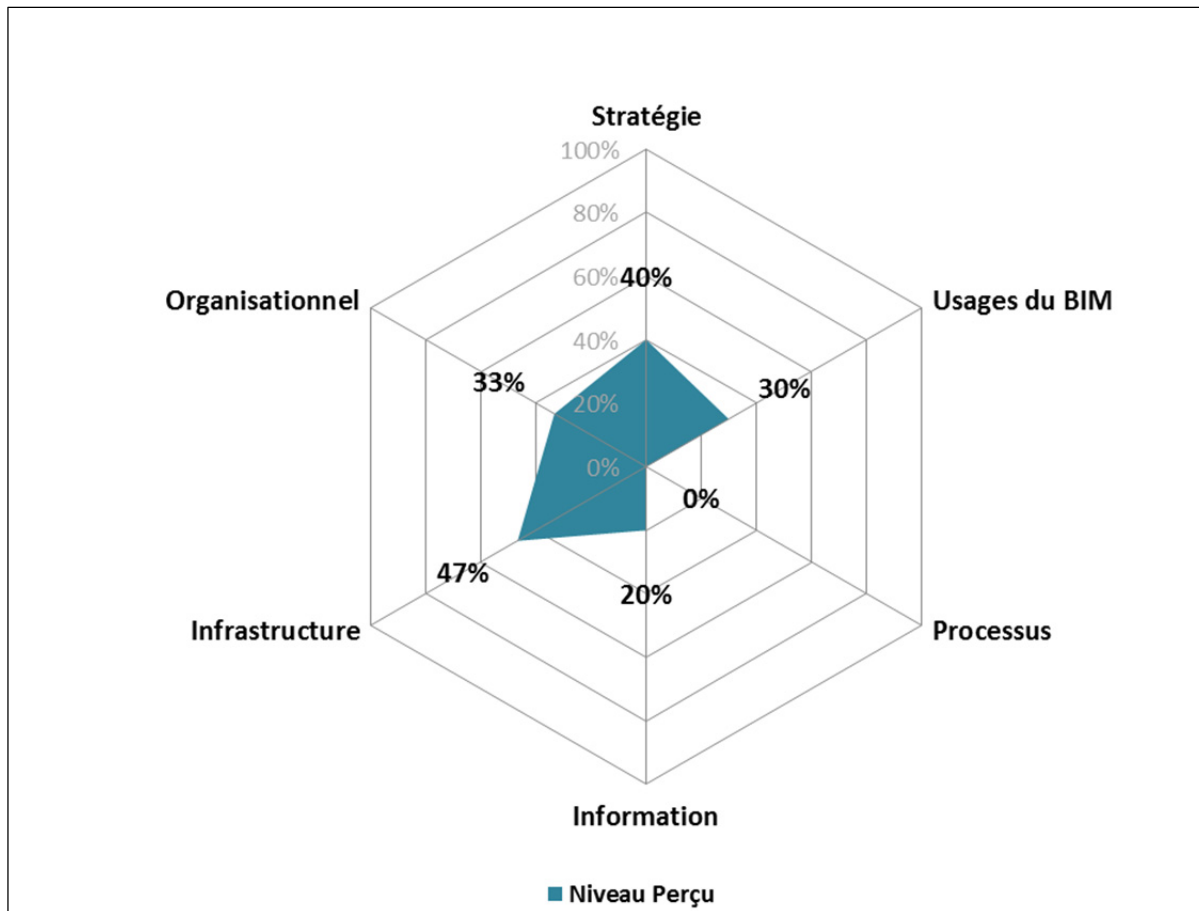


Figure 4.13 Profil de maturité – Projet n°1

En observant le profil de maturité du **premier projet** représenté sur la Figure 4.13, les conclusions tirées sont les suivantes :

- les critères sur lesquels l'entreprise est la plus avancée sont l'**infrastructure** (47%), c'est-à-dire la capacité technique et matérielle nécessaire à l'implémentation du BIM ; et la **stratégie** (40%), c'est-à-dire la définition des objectifs de l'entreprise et la mise en place d'un support de gestion (BIM manager, comité, etc.) ;
- les critères sur lesquels l'entreprise est la moins avancée sont les **processus** (0%), c'est-à-dire la mise en place et la documentation des méthodes et des bonnes pratiques liées à l'implémentation du BIM ; et l'**information** (20%), c'est-à-dire la définition précise des données liées à la maquette (comme le niveau de détail).

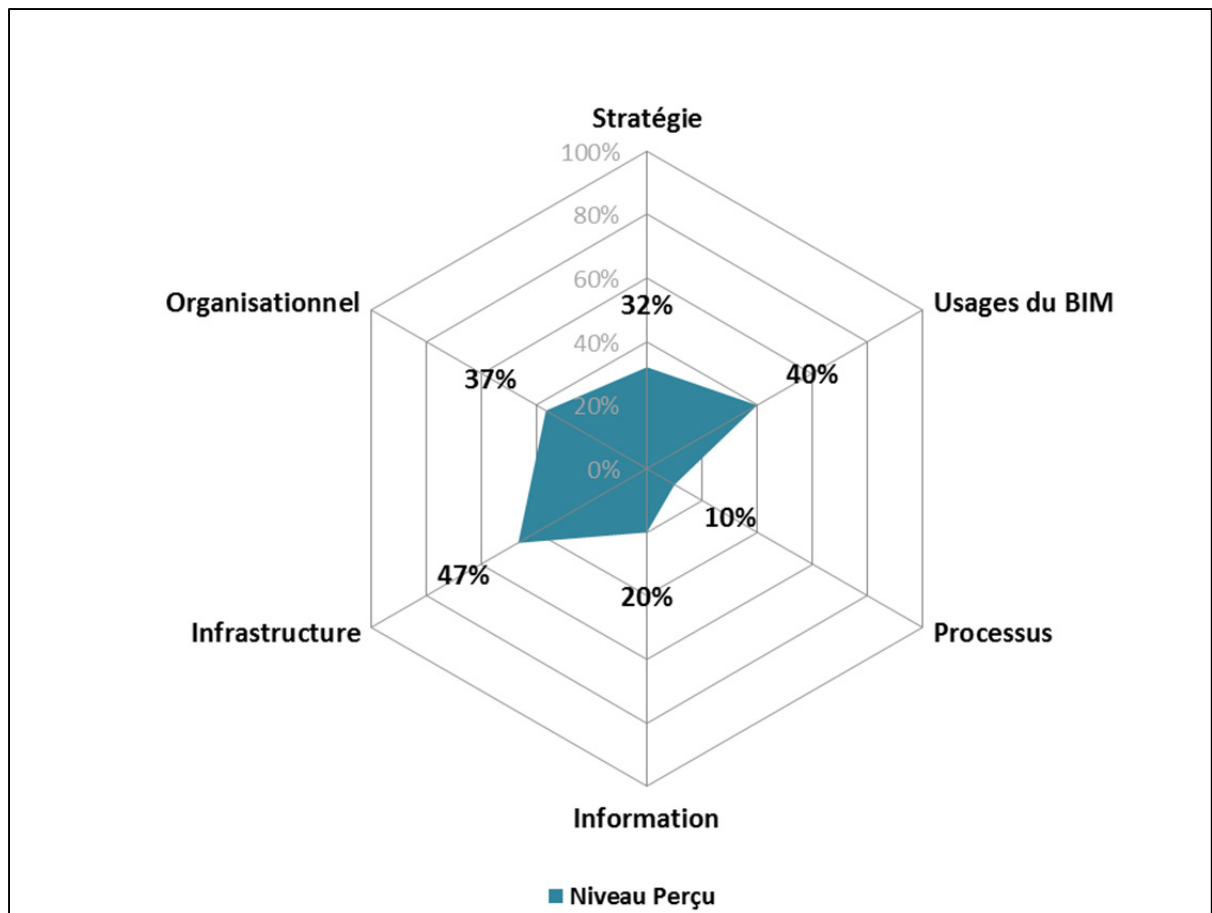


Figure 4.14 Profil de maturité – Projet n°2

En observant le profil de maturité du **second projet** représenté sur la Figure 4.14, les conclusions tirées sont les suivantes :

- les critères sur lesquels l'entreprise est la plus avancée sont l'**infrastructure** (47%), c'est-à-dire la capacité technique et matérielle nécessaire à l'implémentation du BIM ; et les **usages du BIM** (40%), c'est-à-dire les méthodes d'implémentation ;
- les critères sur lesquels l'entreprise est la moins avancée sont les **processus** (10%), c'est-à-dire la mise en place et la documentation des méthodes et des bonnes pratiques liées à l'implémentation du BIM ; et l'**information** (20%), c'est-à-dire la définition précise des données liées à la maquette (comme le niveau de détail).

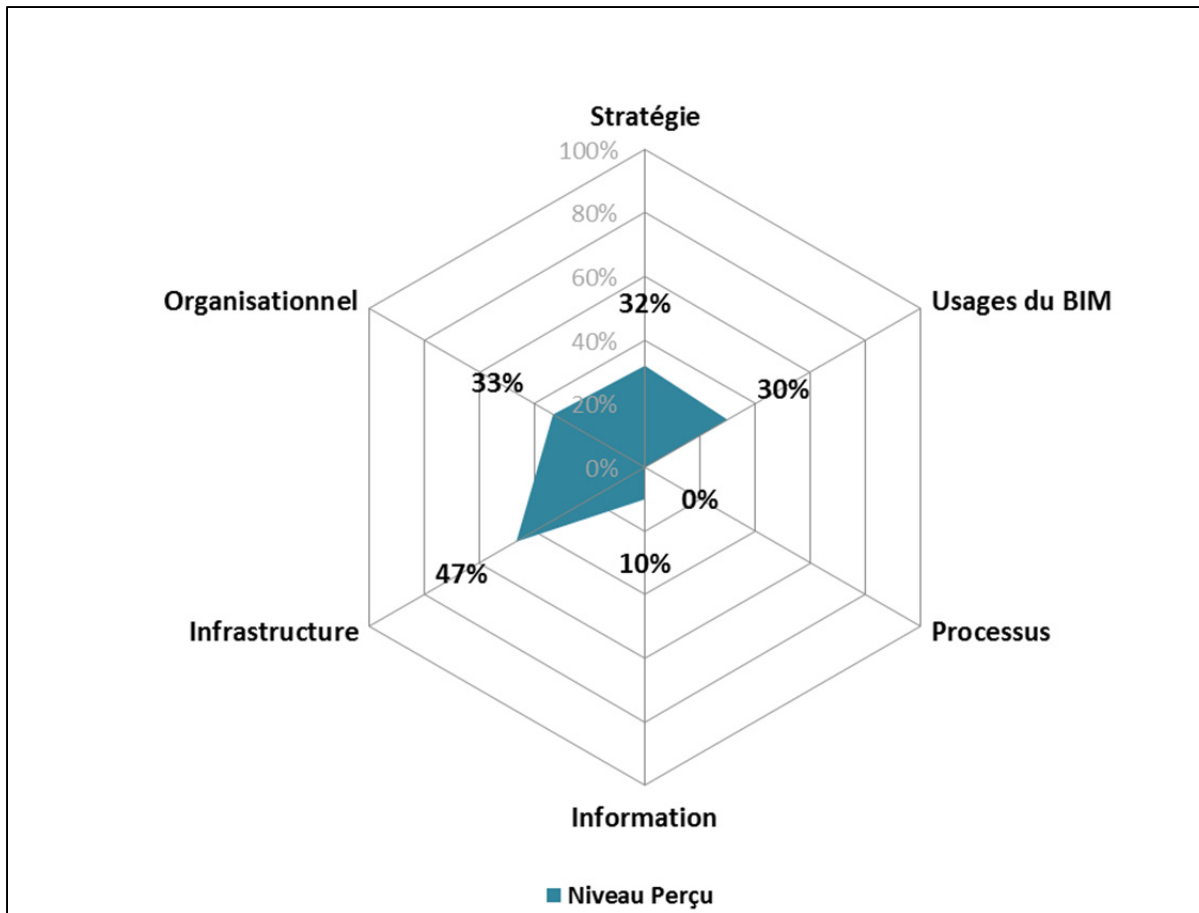


Figure 4.15 Profil de maturité – Projet n°3

En observant le profil de maturité du **troisième projet** représenté sur la Figure 4.15, les conclusions tirées sont les suivantes :

- les critères sur lesquels l'entreprise est la plus avancée sont l'**infrastructure** (47%), c'est-à-dire la capacité technique et matérielle nécessaire à l'implémentation du BIM ; et l'aspect **organisationnel** (33%), c'est-à-dire tout ce qui est en lien avec la gestion humaine (rôles, hiérarchie, collaboration, formation, etc.) ;
- les critères sur lesquels l'entreprise est la moins avancée sont les **processus** (0%), c'est-à-dire la mise en place et la documentation des méthodes et des bonnes pratiques liées à l'implémentation du BIM ; et l'**information** (10%), c'est-à-dire la définition précise des données liées à la maquette (comme le niveau de détail).

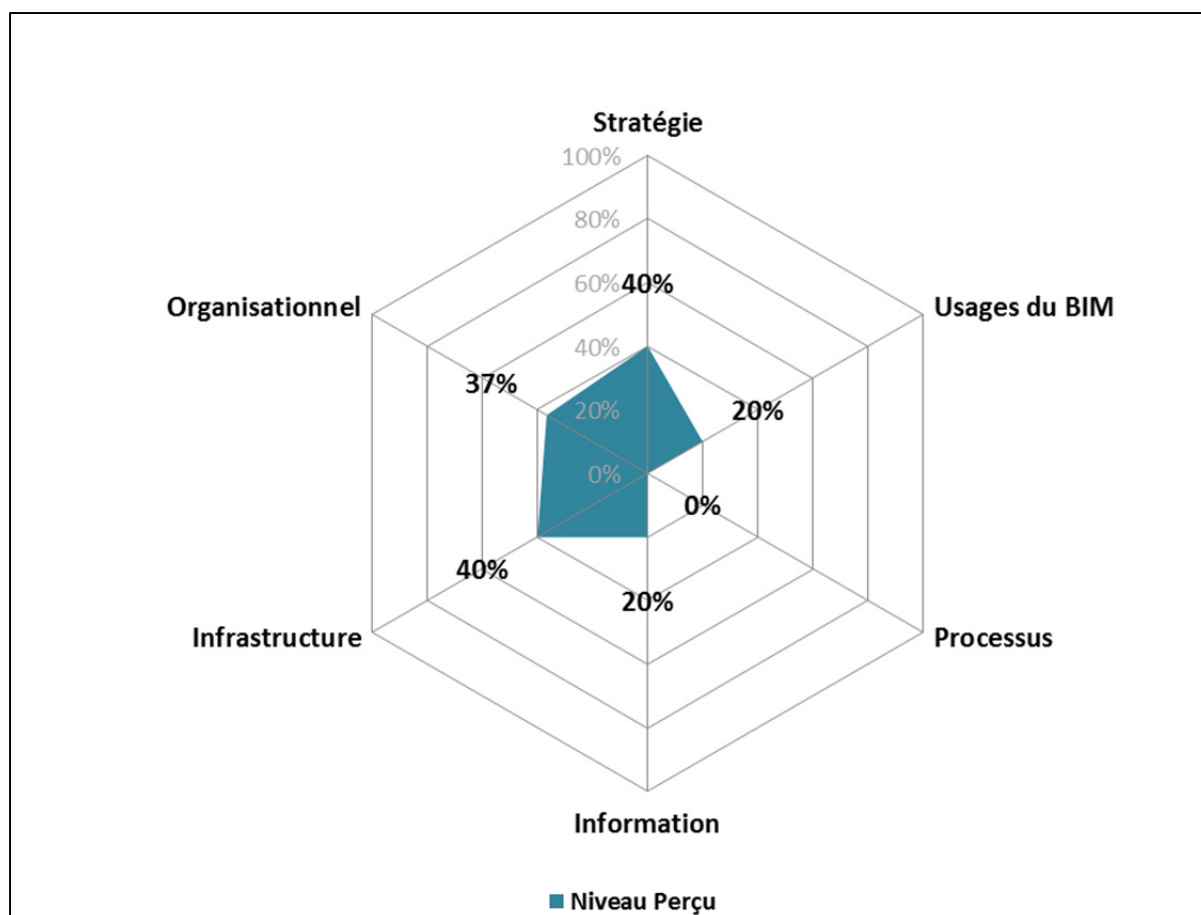


Figure 4.16 Profil de maturité – Projet n°4

En observant le profil de maturité du **quatrième** et dernier **projet** représenté sur la Figure 4.16, les conclusions tirées sont les suivantes :

- les critères sur lesquels l'entreprise est la plus avancée sont l'**infrastructure** (40%), c'est-à-dire la capacité technique et matérielle nécessaire à l'implémentation du BIM ; et la **stratégie** (40%), c'est-à-dire la définition des objectifs de l'entreprise et la mise en place d'un support de gestion (BIM manager, comité, etc.) ;
- le critère sur lequel l'entreprise est la moins avancée est les **processus** (0%), c'est-à-dire la mise en place et la documentation des méthodes et des bonnes pratiques liées à l'implémentation du BIM.

4.1.4.2 Comparaisons et analyse

En observant les quatre profils de maturité des quatre projets, les résultats semblent globalement similaires.

Le Tableau 4.1 ci-dessous regroupe les résultats des quatre projets.

Tableau 4.1 Profils de maturité (en pourcentages) des quatre projets

Élément BIM Planifié	Projet 1	Projet 2	Projet 3	Projet 4
Stratégie	40%	32%	32%	40%
Usages du BIM	30%	40%	30%	20%
Processus	0%	10%	0%	0%
Information	20%	20%	10%	20%
Infrastructure	47%	47%	47%	40%
Organisationnel	33%	37%	33%	37%

Les nuances de couleur mettent en valeur les points forts et faibles de chaque projet.

En comparant les quatre profils de maturité, les conclusions tirées sont les suivantes :

- le critère sur lequel les quatre projets sont le moins avancés, avec un niveau de maturité perçu variant de 0 à 10%, est les **processus**, c'est-à-dire la mise en place et la documentation des méthodes. Cela confirme les constats effectués précédemment qui suggèrent un manque de formalisation des méthodes mises en place ;
- le second critère sur lequel les quatre projets sont le moins avancés, avec un niveau de maturité perçu variant de 10 à 20%, est l'**information**, c'est-à-dire la définition précise des données liées à la maquette. Ce point est également lié au manque de formalisation et de documentation : l'arborescence des éléments et le niveau de détail n'étant pas définis, les collaborateurs travaillent chacun à leur façon, ce qui génère de grandes disparités au sein de l'entreprise ;

- le critère sur lequel les quatre projets sont le plus avancés, avec un niveau de maturité perçu variant de 40 à 47%, est l'**infrastructure**, c'est-à-dire la capacité technique et matérielle nécessaire à l'implémentation du BIM ;
- les autres critères, soit la stratégie, les usages du BIM et l'aspect organisationnel, se situent autour de 30 à 40% pour les quatre projets. Les variations sont assez minimes, et principalement dues au contexte de chaque projet : localisation, implémentation du BIM à la demande du client ou spontanée, présence dans l'agence d'un BIM Manager...

Afin de visualiser globalement les résultats obtenus sur les quatre projets, la Figure 4.17, ci-dessous, représente le profil de maturité moyen (soit obtenu en calculant la moyenne des quatre projets pour chaque critère).

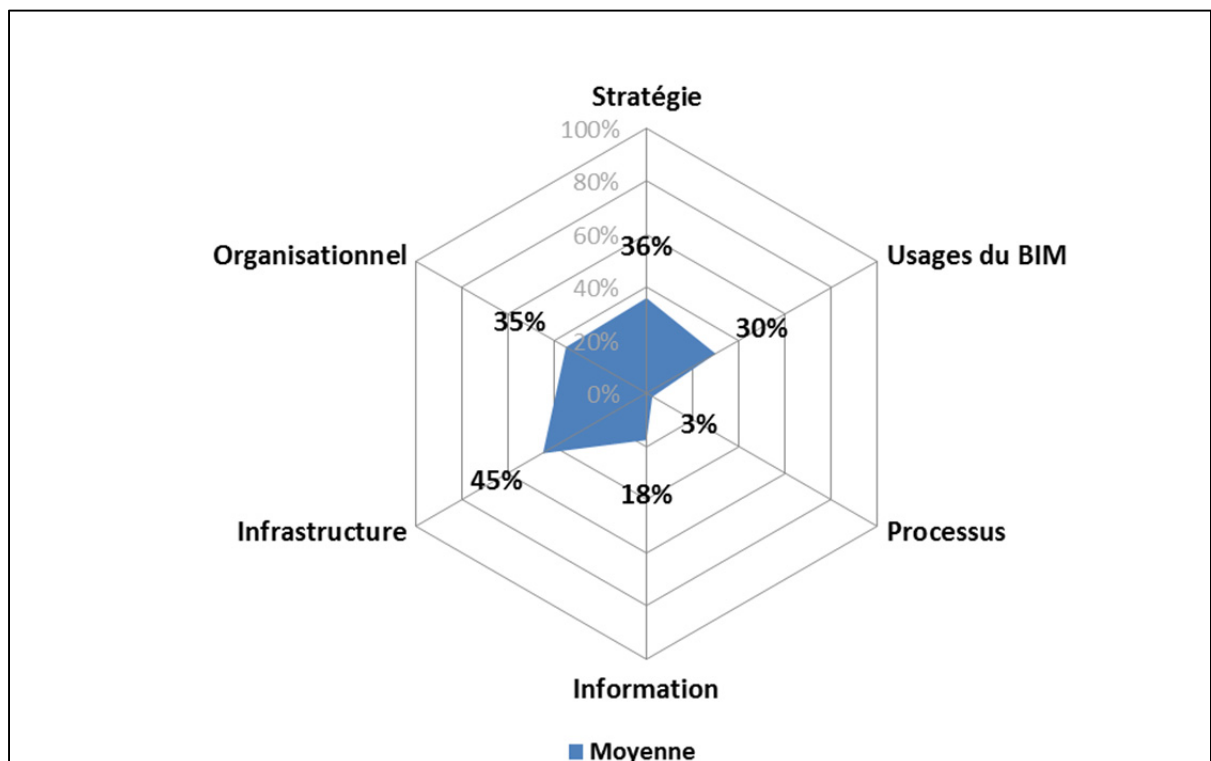


Figure 4.17 Profil de maturité – moyenne des quatre projets

Ce profil de maturité, allié à l'ensemble des résultats présentés précédemment, permet de tirer des conclusions d'ordre plus général sur les quatre projets et sur l'ensemble de l'entreprise. Les aspects où l'entreprise est la plus avancée sont l'**infrastructure**, la **stratégie** et l'aspect **organisationnel** ; et les points où elle a le plus de marge de progrès sont les **processus**, l'**information** et les **usages** du BIM.

Ces résultats s'expliquent de la manière suivante : la direction de l'entreprise est très motivée à mettre en place le BIM. Pour cela, ils ont mis en place une stratégie à l'échelle nationale : ils ont embauché des BIM Managers et Coordinateurs, défini des objectifs (le principal étant que l'entreprise soit entièrement apte à travailler en BIM en 2017), créé un comité BIM en attribuant de nouveaux rôles et responsabilités à certains de leurs collaborateurs, et lancé un programme de formations. Ils ont également mis en place de l'infrastructure, c'est-à-dire qu'ils ont acheté un grand nombre de licences Revit et changé les ordinateurs des collaborateurs afin que ceux-ci puissent travailler sur les maquettes.

En revanche, les aspects du BIM liés aux changements *organisationnels* et aux processus n'ont pas été mis en avant lors des débuts de l'implémentation. Les critères correspondant à ces aspects sont en conséquence les moins bien notés : les aspects manquants semblent concerner la documentation des méthodes ainsi que des informations à gérer dans la maquette, et les documents liés aux usages internes du BIM (c'est-à-dire les gabarits et familles).

De plus, quel que soit le critère observé et sur l'ensemble des projets, le niveau de maturité le plus haut est de 47%, et le plus bas est de 0%. D'après l'analyse, l'entreprise dispose donc encore d'une marge de progrès importante.

4.2 Discussion

Cette recherche permet d'obtenir plusieurs résultats : tout d'abord une liste de points précis ressortant de la période in-situ, rédigés sous forme de constats. Puis, via une analyse de schémas réalisés par les collaborateurs rencontrés, les différences de perception de l'organisation des projets sont constatées suivant le poste de l'acteur : trois typologies en ressortent, chacune mettant en avant dans sa représentation un aspect radicalement différent de l'organisation des projets BIM. Puis le tracé de différents schémas représentant l'organisation des quatre projets étudiés est réalisé, afin de pouvoir les comparer suivant des critères. Enfin, les grilles de maturité adaptées sont complétées, ce qui permet de positionner l'entreprise vis-à-vis de l'implémentation du BIM.

D'après les profils de maturités qui ont été tracés, l'entreprise étudiée a une marge de progrès importante dans l'implémentation du BIM. Les aspects dans lesquels l'entreprise est la plus faible sont les aspects liés à l'**organisation** et aux **processus**, tandis qu'elle est plus forte dans les aspects liés à la **technologie** – toutefois, même l'aspect le plus fortement implémenté (d'après notre étude) reste implémenté à moins de 50% des possibilités existantes.

L'entreprise a donc mis en place des moyens pour une implémentation réussie du BIM, mais les a concentrés sur l'aspect technologie (logiciel, matériel, création de nouveaux postes, etc.) et bien moins sur l'aspect organisation et processus (mise en place des procédures, méthodes, définition rôles et responsabilités, etc.).

En conséquence de cela, différentes méthodes ont été développées à petite échelle : par équipe de projet ou par agence. Un travail de documentation des processus et méthodologies a parfois été réalisé à ce niveau. Mais aucun processus et aucune méthode n'a été mise en place sur l'ensemble de l'entreprise, c'est-à-dire à l'échelle nationale.

L'envie d'implémenter le BIM semble bien là à l'échelle de la direction de l'entreprise, mais en revanche les collaborateurs ressentent ce changement comme une obligation et ne l'appréhendent pas de la même manière. Les différences de perception de l'organisation par les collaborateurs, les typologies d'acteurs dégagées des entretiens le montrent, viennent également en partie de ce manque de formalisation.

Une question spécifique que la direction de l'entreprise a posée au début du projet concernait l'impact du chef de projet sur l'implémentation du BIM. D'après les données et l'analyse, il est vrai que le rôle des chefs de projets a été impacté par le passage au BIM et leur implication dans l'implémentation a également eu un impact sur le projet. Toutefois, au vu de la disparité des projets étudiés, il paraît difficile de faire une corrélation directe entre leur implication et le degré de succès de l'implémentation du BIM.

Enfin, la définition des rôles liés au BIM (BIM Manager et BIM Coordinateur) reste à clarifier auprès des collaborateurs mais également auprès des acteurs occupant ces postes. Suivant l'agence et le ou les projets suivis, les rôles tenus par ces acteurs peuvent être très différents.

Il reste à noter que pendant notre présence in-situ, un nouveau BIM Manager est arrivé au sein de l'entreprise. Durant les dernières semaines, il a été possible de constater qu'il souhaitait mettre en place beaucoup de nouveaux éléments. L'analyse se basant sur des données recueillies avant son arrivée, il se peut que des changements importants aient eu lieu depuis.

D'après cet ensemble de constats, l'entreprise semble ne pas être rentrée dans la *révolution*, qui implique un changement des modes de fonctionnement et des processus, mais être encore dans l'*évolution*¹¹. Revenant dans le détail des niveaux de maturité développés par Venkatraman (1994), l'entreprise semble se situer entre les deux premiers niveaux :

¹¹ Rappel : implémentation d'une nouvelle technologie, Venkatraman (1994), voir 1.3.1

l'exploitation localisée (la technologie est mise en place mais utilisée pour effectuer le même travail qu'avant), et l'intégration interne (la technologie est plus intégrée, les différentes entités sont reliées). L'implémentation est fragmentée entre les différents sites, sans structure commune mise en place ; mais à petite échelle une intégration interne commence à se faire (entre les différents corps de métiers d'un même site par exemple).

De plus, un lien peut être fait avec la notion d'**alignement** stratégique développée entre autres par le même auteur (Henderson et Venkatraman, 1993). La théorie est que pour une intégration complète, deux types d'intégrations entre l'entreprise et la technologie doivent être mis en place. Tout d'abord l'intégration stratégique : c'est-à-dire qu'il faut faire le lien entre la stratégie générale de l'entreprise et les possibilités de la technologie vis-à-vis du modèle d'affaires de l'entreprise. Puis l'intégration opérationnelle : c'est-à-dire qu'il faut un lien entre l'organisation et les processus internes de l'entreprise et l'infrastructure et les processus liés à la nouvelle technologie. Or dans le cas de l'entreprise présentée ici, des divergences sont constatées entre la stratégie de l'entreprise et l'intégration de la technologie à l'échelle nationale. Et c'est au niveau de l'intégration opérationnelle qu'apparaissent le plus d'écarts : le lien n'a pas été formalisé entre l'organisation de l'entreprise et la technologie.

La mise en place d'une stratégie d'alignement pourrait donc être bénéfique à l'entreprise.

4.2.1 Limites du projet

Plusieurs points restent à considérer comme limites à notre projet et à notre analyse.

Les quatre projets comparés sont extrêmement différents, par leur taille, leur localisation (agences multi-sites) et leur degré d'implémentation du BIM. Ce sont des projets qui ont chacun des contraintes et des particularités bien différentes, qui peuvent toutes faire varier nos résultats de façon significative.

Le fait d'avoir pu observer plusieurs projets est un apport certain pour notre étude. Cependant, afin de tirer des conclusions concernant le niveau de maturité de l'entreprise, il faudrait pouvoir étudier l'ensemble des projets réalisés avec le BIM. Cela permettrait ensuite de comparer des projets de même taille entre eux ou encore plusieurs projets réalisés au sein de la même agence (voire la même équipe) par exemple.

En termes de méthodes, des limites apparaissent également : l'étude se base sur des données recueillies durant des entretiens, c'est-à-dire sur les perceptions des collaborateurs rencontrés. Les typologies d'acteurs, les cartographies de projets ainsi que les niveaux de maturité se basent sur ces **perceptions** et non sur la **réalité**. Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus ici avec la réalité, une période d'immersion serait à envisager (éventuellement pour un prochain projet de recherche réalisé au sein de l'entreprise). En travaillant directement avec les collaborateurs sur un ou plusieurs projets, le chercheur serait en effet à même de recueillir des données correspondant à cette réalité.

Enfin, la **grille de maturité** (CIC, 2013) utilisée comme cadre de référence, adaptée au contexte (c'est-à-dire à une agence d'architecture, car il était initialement rédigé à l'intention des propriétaires et clients), même si les modifications apportées permettent de l'appliquer au cadre de recherche, reste imparfaite. En effet, finalement les quatre profils de maturités sont assez similaires : cela est dû d'une part à la similarité d'implémentation du BIM, mais également au fait que certains des points notés concernent l'ensemble de l'entreprise (par exemple la présence d'un gestionnaire BIM) et les quatre projets ont donc des résultats similaires. Pour donner suite à cette recherche, une grille de maturité plus adaptée au contexte pourrait être intéressante à développer, avec des questions plus spécifiques concernant les aspects techniques et les aspects collaboratifs liés à la maquette par exemple et moins de questions concernant la stratégie générale de l'entreprise.

4.2.2 Ouverture

A l'échelle de l'entreprise, d'après les conclusions tirées de notre analyse, une définition de processus et de méthodes concernant l'implémentation du BIM semble nécessaire. Par exemple le niveau de détail des éléments contenus dans les maquettes, l'organisation des équipes de projets, la définition des rôles attribués au BIM manager, etc. ne sont pas définis. Une documentation de ces processus et méthodes, ainsi qu'une gestion du partage de ces documents à l'échelle de l'entreprise, semblent primordiaux. La mise en place d'une **stratégie** d'alignement des technologies aux processus semble une prochaine étape nécessaire.

A l'échelle du projet, une suite pourrait être envisagée afin d'appréhender plus en détail le changement organisationnel lié à l'implémentation du BIM au sein de l'agence. Via une période d'immersion au sein d'une équipe de projet par exemple, un chercheur serait plus à même de recueillir des données liées aux usages liés au BIM afin de compléter les données recueillies dans ce projet, qui sont limitées aux perceptions par le contexte. Un développement approprié de la grille de maturité exploitée dans cette recherche pourrait également être envisagé.

CONCLUSION

Plusieurs auteurs émettent comme théorie que le BIM est une technologie de rupture qui impacte l'organisation et les processus. Cependant, peu de recherches empiriques viennent appuyer cette théorie. Cette présente recherche, quoiqu'exploratoire, jette un éclairage nouveau sur les contradictions émergeant de l'intégration de cette technologie de rupture dans le contexte d'une agence d'architecture et d'ingénierie. Elle innove dans sa méthodologie grâce à la mise en place de méthodes issues de la psychologie cognitive.

Par le biais de cette recherche, il n'a pas été possible de répondre à toutes les questions initialement posées – en revanche, une méthodologie permettant de recueillir des données concernant l'implémentation du BIM au sein d'une agence d'architecture a été mise en place, ce qui n'était pas (ou peu) documenté précédemment.

Quoique le potentiel de généralisation demeure limitée, elle contribue jusqu'à un certain point à valider d'une part de la validité des théories de Venkatraman (1994) sur la maturité de l'intégration des technologies et d'autre part la théorie que le BIM est une technologie de rupture et que son implémentation exige des changements profonds, et ce aussi bien au niveau organisationnel que procédural.

Suite à cette étude, les questions posées initialement ne peuvent être répondues que de façon limitée. En effet cette recherche amène à constater que le changement *organisationnel* au sein de l'entreprise étudiée n'ayant pas été documenté et aucune règle n'ayant été établie dès le départ, il ne s'est fait que de façon sporadique au sein de groupes de projets, suivant les besoins des projets et les acteurs présents. Il est donc difficile de répondre à la question initiale qui était : « Comment l'organisation d'une entreprise, à l'échelle du projet, a-t-elle évolué autour du BIM ? ».

Les limites de notre recherche, principalement le caractère **perceptif** des données et le manque d'informations concernant la **réalité**, sont également des informations importantes qui devraient permettre de construire de nouveaux projets de recherche du même type dans d'autres entreprises.

Le travail effectué peut donc ouvrir à de nouvelles recherches qui, se basant sur nos écrits, pourraient continuer à développer une méthodologie.

Les options existant pour la suite sont nombreuses :

- une nouvelle recherche au sein de l'agence AIA, comprenant une période d'immersion au sein d'un (ou plusieurs) des projets étudiés ici, afin de recueillir des données **réelles** et de les comparer à nos données **perçues** ;
- une nouvelle recherche au sein d'AIA, comprenant une étude similaire sur plus de projets (voir si possible tous les projets réalisés en BIM au sein de l'agence), afin d'établir une cartographie **complète** de l'entreprise ;
- une nouvelle recherche au sein d'AIA, comprenant une étude similaire sur le même nombre de projets après un certain temps (un an plus tard par exemple) afin d'établir leur nouveau niveau de maturité et de le comparer à nos résultats ;
- de nouvelles recherches dans d'autres entreprises, permettant de recueillir des données liées aux **perceptions** des collaborateurs afin d'établir un comparatif avec notre projet ;
- la réalisation de plusieurs projets au sein de diverses entreprises permettrait également d'affiner la méthodologie développée ici : par exemple en améliorant la grille d'entretiens suivant le contexte, en assistant à un plus grand nombre de réunions de projet, en retravaillant la grille de maturité pour l'adapter à l'échelle du projet, etc.

ANNEXE I

Tableau-A I-1 Les bénéfices et conséquences de l'adoption du BIM
Tiré de Deutsch (2011)

Bénéfices	Co - bénéfices	Impact socioculturel
Vérification des interférences, détection des erreurs, résolution des conflits	Éviter les maux de têtes, moins de répétitions ; résultats avec moins de rappels, coûts de garantie diminués	Résultats plus liés à la planification, moins de problèmes, meilleures relations interpersonnelles
Membres des équipes commencent plus tôt	Plus grand sentiment d'implication, de participation	Amène plus d'opportunités de contribution
Détection des erreurs	Facilite la collaboration	Diminue les tensions durant la construction
Prend globalement moins de temps	Permet de prendre plus de temps pour la conception	Permet aux architectes de mettre en pratique leurs compétences, au lieu d'éteindre des feux
Demande plus d'implication aux architectes	Fait d'eux des collaborateurs	Fait des architectes plus équilibrés
Augmente la productivité; diminue les horaires et le nombre de personnes nécessaires dans l'équipe	Diminue la durée de la phase de rédaction des documents	Augmente la phase de conception, met l'emphase sur la conception
Augmente la coordination	Met en valeur les professionnels qui voient globalement; diminue le besoin de gestion sur le terrain des sous-traitants	Amène au succès des projets et une augmentation des profits
Moins de changements	Phase de construction plus facile à gérer	Moins de conflits et de stress
Améliore le contrôle des coûts	Aligne le budget et le projet	Permet aux concepteurs d'être perçus comme responsables au niveau fiscal
Les nouveaux diplômés travaillent avec des concepteurs expérimentés	Les nouveaux architectes apprennent comment les bâtiments se font plus tôt dans leur carrière	Les nouveaux architectes évitent certains problèmes et sont impliqués dans l'ensemble du processus
Un outil de modélisation détaillé change le terrain de jeu	Les petites entreprises peuvent opérer comme les grandes entreprises	Les petites entreprises rentrent en compétition avec les grandes entreprises

Bénéfices	Co - bénéfices	Impact socioculturel
Les bâtiments sont plus intégrés	Moins de perte, élimine les efforts redondants et inutiles	Donne un objectif et une mission lorsque le projet commence
Commence l'implication plus tôt	Tout le monde est impliqué	Crée des opportunités de concevoir, gérer et diriger
Plus de décisions assurées	Concentration sur une seule action ; compréhension des effets des décisions de conception	L'équipe entière travaille dans le même but
Plus de bâtiments sûrs	Moins d'investissement dans les travaux de rénovation	Améliore l'image de la profession et de l'industrie
Une fois la valeur prouvée, pourrait augmenter les prix	Plus de valeur pour les clients, si en résultat on a des métrés diminués	Faire plus, avec moins : meilleur impact environnemental
Possibilité d'analyser et visualiser le projet sur ordinateur avant sa construction	Plus de cohésion dans le projet	Le modèle est utilisé pendant tout le cycle de vie du bâti
Visualisation du projet, amélioration de l'apparence du bâti	Intentions de conception plus facile à communiquer	Améliore la communication et la satisfaction du client, de l'utilisateur, et de la communauté
Améliore les performances dans le "vrai" monde	Améliore la compréhension des caractéristiques du bâtiment	Diminue les coûts, améliore la planification et l'empreinte carbone
Garantit des documents coordonnés	Amène une meilleure qualité des documents et moins de plaintes	Diminue les répétitions du travail sur le site, augmente la satisfaction du client
Rationalise le processus de livraison	Usage des ressources plus économique	Moins de redondances, équipe plus efficace et avec un objectif
Procure une base pour une fabrication plus précise	Moins de dessins d'atelier ; préfabrication hors-site de matériaux ; meilleure qualité à un coût moindre	Laisse moins de possibilités de changements de dernière minute et donc d'erreurs ; diminue le temps de construction
La conception est plus proche de l'analyse structurelle et des simulations énergétiques	Produit des bâtiments plus performants et de meilleure qualité	Améliore la qualité de vie et l'expérience des utilisateurs, et du public de façon générale
Les apports de conception apparaissent plus tôt dans le processus	Opportunité d'impacter sur le coût et les capacités de fonctionnements ; retours sur investissements mesurable pour les utilisateurs	Améliore les relations d'équipe ; les intentions de conception sont exprimées avec plus de détails

Bénéfices	Co - bénéfices	Impact socioculturel
Analyses énergétiques	Détermine l'emplacement des éléments du bâti, vis-à-vis de leur fonction	Détermine l'impact sur l'enveloppe du bâtiment et le confort des utilisateurs
Vérifications du modèle	Détermine les meilleurs trajets : évacuation, trafic, sécurité	Economise du temps et limite les options
Gestion de l'information	Gère les opérations liées à la gestion du bâti	Augmente la valeur perçue de la méthode de livraison
Augmente le partage de données ; plus d'interopérabilité pour tous les membres de l'équipe de projet	Diminue les coûts de communication, les erreurs et les oublis	Améliore la communication ; les décisions du client sont plus rapides
Capacité d'analyse des performances du bâti	Décisions clés de conception accélérées	Diminue l'incertain et le risque
Modélisation 4D	Communique les relocalisations, d'un locataire à l'autre, durant les rénovations	Permet une expérience plus facile pour les locataires, et un processus de construction plus souple
4D	Economies de temps, moins de dépassements des coûts	Pas toujours dans des délais serrés : plus de temps pour profiter de la vie
Comprime la planification de la construction	Passation des risques plus tôt	Intéressant pour le propriétaire et l'entrepreneur
5D	Estimations plus précises ; évaluation du projet en termes d'impact sur le bâti	Résultats : économie d'énergie ; diminution du risque pour tous les intervenants
5D : suivi des temps d'installations	Permet aux différents métiers d'éviter les chassés croisés	Processus plus logiques, moins de perturbations sur le chantier
Réalisation de métrés de quantités de matériels ; fixation des coûts de projet plus tôt	Moins de soucis concernant les augmentations de coûts ; livre au client un bâtiment plus efficace en terme de coûts	Les concepteurs renforcent leur rôle d'intendant du portefeuille ; cela vous permet d'atteindre un avantage compétitif
Plus de temps pour la phase de conception (concevoir et non pas mettre de l'information en ligne)	Moins de temps pour les documents de construction ; économise de l'argent au client ; diminue la durée	Les concepteurs peuvent se concentrer sur leurs points forts ; intègre les flux de travail
Permet de remplir les exigences des codes énergétiques en quelques heures	Fournit des données énergétiques aux consultants	Diminue les options, libère du temps, atteint les objectifs

Bénéfices	Co - bénéfices	Impact socioculturel
Associativité bidirectionnelle	Un changement n'importe où est un changement partout ; conséquence sur le plan d'action général comprises	Economise du temps ; diminue les erreurs de dessin et sur place via la coordination instantanée
Amélioration des capacités du format DWF	Les intervenants non techniques sont capables de visualiser et commenter le produit final	La participation de tous les intervenants et acteurs soutient le processus de conception intégré ; facilite la communication et encourage la collaboration
Le modèle BIM contient des informations accessibles et utilisables pour la durée de vie du projet	Tous les membres de l'équipe peuvent accéder à l'information à tout moment	Un modèle, outil, et processus qui continue à donner pendant le cycle de vie du projet
Facilite la création de vues 3D	Permet de communiquer <i>l'histoire</i> pour communiquer les intentions de conception et les objectifs du projet	Permet à toutes les personnes impliquées de comprendre les intentions de conception et les objectifs
Entrée plus tôt dans le modèle BIM des données	Crée des opportunités de nouveaux décomptes structurels	Il est possible de réagir aux changements plus rapidement
Moins de déchets de construction	Moins de sur-achat, économise de l'argent au client	Moins d'impact négatif sur l'environnement
Programme de détection des conflits, comme Navisworks ou Solibri	Importe les modèles de différents métiers, dans un même environnement	Paix de l'esprit, sachant que les métiers sont coordonnés et pris en compte

ANNEXE II

Tableau-A II-1 Profil d'évaluation de l'organisation autour du BIM
Tiré de CIC (2013)

Élément planifié	Description	Niveau de maturité					
Stratégie	La Mission, Vision, Buts et Objectifs, plan d'affaire, Champion BIM et comité BIM.	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Mission et but organisationnel	Une mission BIM est la raison fondamentale pour l'existence de l'entreprise. Les buts sont les défis spécifiques que l'entreprise veut accomplir.	Pas de mission/but à l'échelle de l'organisation	Mission de base établie par l'organisation	Buts de base établis par l'organisation	Mission de l'organisation: but, services, valeurs (au moins)	Buts spécifiés, mesurables, atteignables, deadlines fixées	Missions & buts régulièrement vérifiés et remis à jour
Vision BIM et objectifs	Une vision BIM est le stade que l'entreprise souhaite atteindre Les objectifs sont des tâches spécifiques, qui lorsque mises en place, approchent l'entreprise de leurs buts	Pas de vision ou d'objectifs BIM définis	Vision basique BIM établie	Objectifs basiques du BIM établis	Vision BIM: mission, stratégie, culture	Objectifs BIM spécifiés, mesurables, atteignables, deadlines fixées	Visions & objectifs régulièrement vérifiés et remis à jour
Support de gestion	À quel point l'équipe de gestion de l'entreprise soutient le processus de d'implémentation BIM	Aucun support	Support limité pour études de faisabilité	Support complet pour implémentation du BIM, avec des ressources	Support complet pour implémentation du BIM avec implication de ressources appropriées	Support limité pour des efforts continu et budget limité	Support complet et efforts en continu

Stratégie	La Mission, Vision, Buts et Objectifs, plan d'affaire, Champion BIM et comité BIM.	0	1	2	3	4	5
		Non-Existant	Initié	Géré	Défini	Quantifié	Optimisé
Champion BIM	Le Champion BIM est la personne qui possède les habiletés techniques et qui est motivée à guider l'entreprise à améliorer leurs processus en poussant pour l'adoption, en gérant la résistance aux changements et en assurant l'implémentation BIM	Aucun	Identifié, mais temps d'implication au BIM limité	Identifié, temps d'implication adéquat	Plusieurs, pour chaque groupe de travail	Identifié au niveau administration, mais temps d'implication limité	Identifié au niveau de l'administration, travaille avec celui des groupes de travail
Comité BIM	Le comité BIM est responsable pour le développement de la stratégie BIM de l'entreprise	Pas de comité de planification du BIM	Petit comité avec seulement ceux qui s'intéressent au BIM	Comité BIM formalisé, mais n'implique pas toutes les spécialités	Comité BIM multidisciplinaire avec des membres de toutes spécialités	Comité Bim incluant des membres de tous niveaux de l'organisation (y compris cadres)	Planning de décisions BIM intégré dans le planning stratégique de l'organisation
Usages du BIM	Usage spécifiques BIM	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Usages projet	Les méthodes spécifiques d'implémentation du BIM sur le projet	Aucun usage du BIM	Demandes minimales imposées par le client	Usage du BIM minimal	Usage du BIM, partage limité entre les entités	Usage du BIM, partage entre des entités dans une phase de projet	Partage ouvert des données BIM entre toutes les entités, durant toutes les phases de projet
Usages de gestion du bâti	Les méthodes spécifiques d'implémentation du BIM dans l'organisation	Aucun usage du BIM	Modèle BIM tel-que-construit reçu par les gestionnaires	Les données BIM sont importées ou référencées pour la gestion du bâti	Les données BIM sont manuellement mises à jour pour la gestion	Les données BIM sont directement intégrées dans le système de gestion	Les données BIM sont maintenues dans le système de gestion en temps réel

Processus	Usage spécifiques BIM	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Processus projet	Les processus BIM en lien avec des organisations externes sont définis et documentés	Pas de processus documenté pour les projets BIM externes	Processus BIM général documenté pour chaque partie prenante	Processus d'intégration du BIM documenté	Processus BIM détaillé documenté pour les usages BIM "primaires"	Processus BIM détaillé documenté pour tous les usages BIM	Processus BIM détaillé documenté et régulièrement mis à jour
Processus internes	Les processus BIM concernant l'organisation au sein de l'entreprise sont définis et documentés	Pas de processus documenté pour les processus BIM	Processus BIM général documenté pour chaque unité de l'entreprise	Processus d'intégration du BIM documenté	Processus BIM détaillé documenté pour les usages BIM "primaires"	Processus BIM détaillé documenté pour tous les usages BIM	Processus BIM détaillé documenté et régulièrement mis à jour
Informations	Information, détails, paramètres et standards	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Arborescence des éléments (MEB)	L'arborescence des éléments est identifiée et classée selon les objets physiques et fonctionnels	Aucune arborescence	Arborescence définie mais pas standardisée à l'ensemble de l'entreprise	Arborescence définie et standardisée à l'ensemble de l'entreprise	Les standards de l'arborescence s'alignent avec les standards de l'industrie	L'arborescence est mise à jour suivant les standards de l'industrie	L'entreprise a un pouvoir d'influence sur les standards d'arborescence de l'industrie
Niveau de détails (LOD)	Le niveau de détail définit la qualité de la définition d'objets	Pas de niveau de détail opérationnel	Niveau de détail défini mais pas standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Niveau de détail défini et standardisé à l'ensemble de l'entreprise	Standards du niveau de détail alignés avec les standards de l'industrie	Définition des vues de modèles et des informations des livrables utilisés pour définir le niveau de détail	Modifications de l'organisation aux définitions des vues de modèles et des informations des livrables, pour s'inclure dans le contexte industriel

Données de gestion	Les données de gestion sont des informations non graphiques, qui peuvent être attachées aux objets dans le modèle. Elles définissent diverses caractéristiques de l'objet.	Pas de données de gestion requises	Données de gestion définies, mais pas standardisées à l'ensemble de l'entreprise	Données de gestion définies, et standardisées à l'ensemble de l'entreprise	Données de gestion de l'entreprise alignées avec les standards de l'industrie	Données de gestion de l'entreprise Alignées avec les <i>open standards</i>	Données de gestion mises à jour suivant les <i>open standards</i>
Infrastructure	Les infrastructures technologiques et physiques	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Logiciels	Programme et autres informations opératoires utilisées par un ordinateur pour implémenter le BIM	Aucun logiciel BIM	Logiciel permettant d'exploiter des données BIM	Systèmes simples de logiciels BIM	Systèmes avancés de logiciels BIM	Systèmes avancés de logiciels BIM accessibles à tous au sein de l'entreprise	Systèmes avancés, régulièrement mis à jour
Equipements	Interconnexions physiques, et appareillage, nécessitant de stocker et faire tourner des logiciels BIM	Pas d'équipement capable de faire tourner des logiciels BIM	Une partie d'équipement capable de faire tourner des logiciels BIM	Tous les équipements capables de faire tourner des logiciels BIM	Présence de quelques équipements avancés	Tous les équipements permettent de faire tourner des logiciels BIM avancés	Planning d'amélioration continue et de mise à jour des équipements
Espaces physiques	Espaces fonctionnels dans l'entreprises, utilisés pour implémenter et utiliser le BIM au sein de l'organisation	Aucun espace dédié	Poste de travail unique permettant la visualisation des données BIM	Petit espace de travail, permettant de collaborer ; possédant un écran suffisamment large pour plusieurs personnes	Pièce BIM pour la collaboration; avec un grand écran	Multiples espaces de travail collaboratif, insérés dans les espaces de travail normaux	Planning d'amélioration continue des espaces dédiés au BIM

Organisationnel	Ressources humaines	0 Non-Existant	1 Initié	2 Géré	3 Défini	4 Quantifié	5 Optimisé
Rôles et responsabilités	Les rôles sont les fonctions premières de l'individu dans l'entreprise. Les responsabilités sont les tâches ou les obligations reliées au rôle	Aucun rôle et responsabilités BIM définis	La responsabilité BIM est celle du champion	La responsabilité vu BIM revient à un groupe interdisciplinaire	La responsabilité du BIM revient à chaque unité	Le BIM est la responsabilité de tous	Les responsabilités BIM sont régulièrement mises à jour
Hiérarchie	La hiérarchie est l'arrangement du personnel et des groupes en groupes fonctionnels, au sein de l'organisation	La hiérarchie de l'organisation ne s'occupe pas du BIM	Le champion BIM est hors de la hiérarchie habituelle de l'organisation	Implémentation du BIM dans les équipes, hors de la hiérarchie habituelle de l'organisation	Grand groupe interdisciplinaire lié au BIM créé	Champion BIM défini dans chaque unité opérationnelle	Implémentation du BIM dans des équipes de support, dans chaque unité opérationnelle
Education	L'éducation est l'instruction formelle concernant un sujet	Aucun programme d'éducation	Education en interne, si nécessaire	Présentation formelles expliquant le BIM et ses bénéfices pour l'organisation	Sessions d'éducation des employés conduits régulièrement	Programme d'éducation à la demande établi dans l'organisation	Education améliorée en continu, via des leçons apprises en interne
Formation	Former signifie enseigner pour rendre qualifié et efficace à une tâche ou un processus spécifique	Aucun programme de formation	Programme de formation géré par des vendeurs – pour le personnel nécessaire seulement	Programme de formation interne pour tous ceux risquant d'interagir avec le BIM	Programmes de formation routiniers conduits régulièrement	Programme de formation à la demande établi dans l'organisation	Formation améliorée en continu, via des leçons apprises en interne
Préparation au changement	La volonté et la préparation de l'organisation aux changements liés à l'implémentation du BIM	Pas de préparation au changement	Besoin du passage au BIM affirmé	Volonté des équipes de direction	Volonté des équipes de gestion	Volonté de tous les individus	Désir de changement: part de la culture de l'organisation
Totaux	Le total ne signifie pas une position du niveau de maturité. Il est important de vérifier les niveaux de maturité selon les différentes sous-catégories.						

ANNEXE III

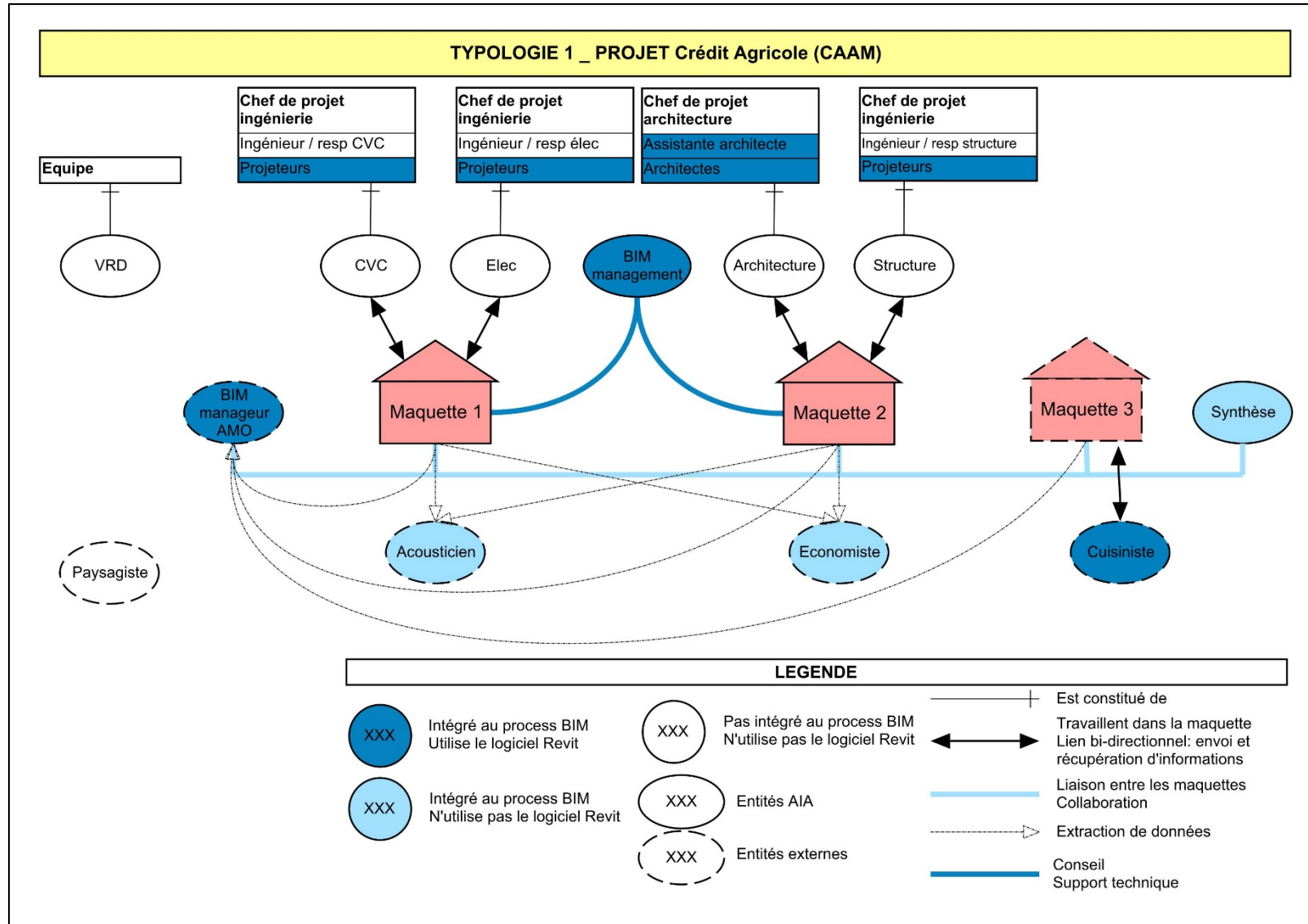
Tableau-A III-1 Différentes méthodologies analytiques, leurs forces et leurs faiblesses
Tiré de Nguyen et Shanks (2007)

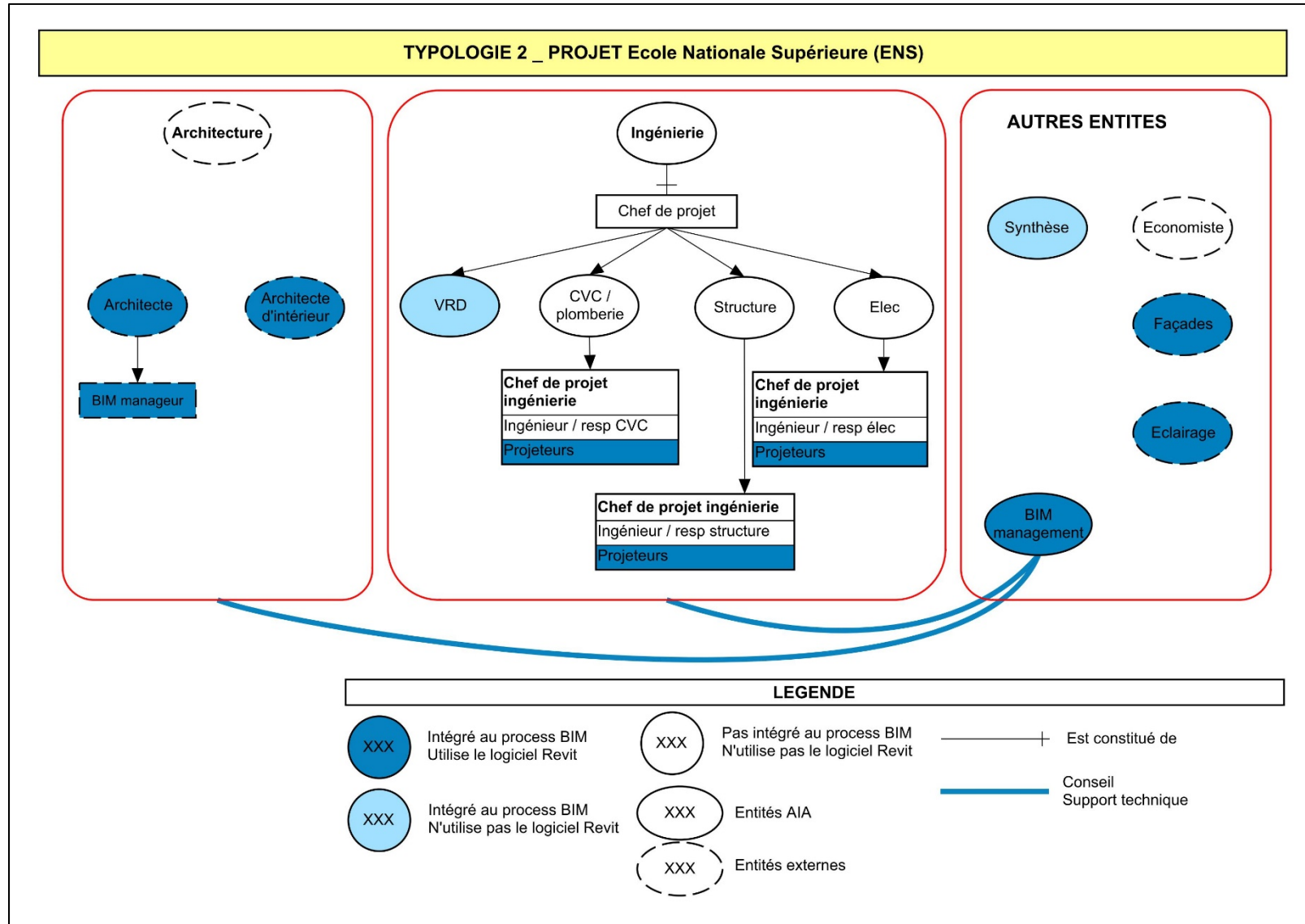
Research method	References	Strengths	Weaknesses
Laboratory experiment	(Khushalani et al., 1994; Simsion, 2006)	More control over the process Gains insight into the process and outcome by individual in small tasks	Limited time and small tasks Difficult to study collective creative problem solving process
Survey	(Simsion, 2006)	Investigates specific well-defined constructs and concepts	Difficult to explore new concepts and gain in-depth understandings of why and how Difficult to reconstruct non-verbal thinking processes and cognitive activities
Protocol analysis	(Guindon, 1990a; Sutcliffe and Maiden, 1992; Batra and Davis, 1992; Chaiyasut and Shanks, 1994)	Can be designed to have a more natural setting compared to lab experiments, similar to workshops. Generates rich data to gain insight into non observable thinking process by individual problem solvers	Often limited time and small tasks Difficult to study situational collaborative creative process Difficulty to recruit and train participants
Workshop observation/ Positivist case study	(Khushalani et al., 1994; Maiden and Robertson, 2005)	More control of procedures and tasks, less control of interactions and group dynamics May gain access to the situational collaborative process Useful to confirm or disconfirm hypotheses and explore and identify issues for further studies	Difficult to reconstruct non-verbal thinking process and cognitive activities Less control over the process, difficult to find host Contextual, often limited time
Focus group	(Cybulski et al., 2003)	Good to explore/validate multiple view points through panel interviews	Difficult to reconstruct non-verbal thinking process and cognitive activities Group dynamics may be interfere with results, contextual
Interpretive case study/ Action research	(Nguyen et al., 2000; Dallman et al., 2005; Raisey et al., 2005)	May gain access to the situational collaborative process Data-grounded and inductive Improving practice (action research)	Difficult to reconstruct non-verbal thinking process and cognitive activities Less control over the process, difficult to find host Contextual

Table 1: Existing research approaches to studying the systems analysts' behaviours in RE.

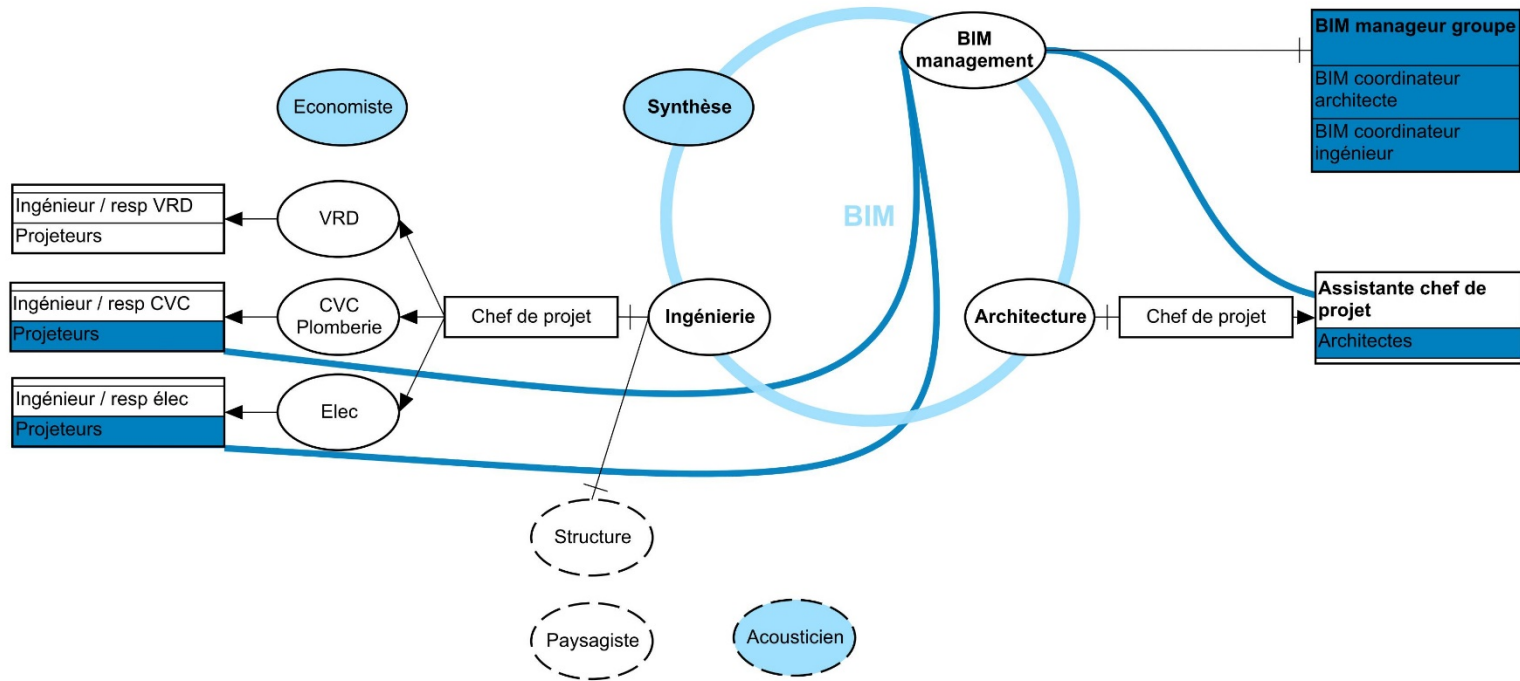
ANNEXE IV

Typologies d'acteurs – exemples

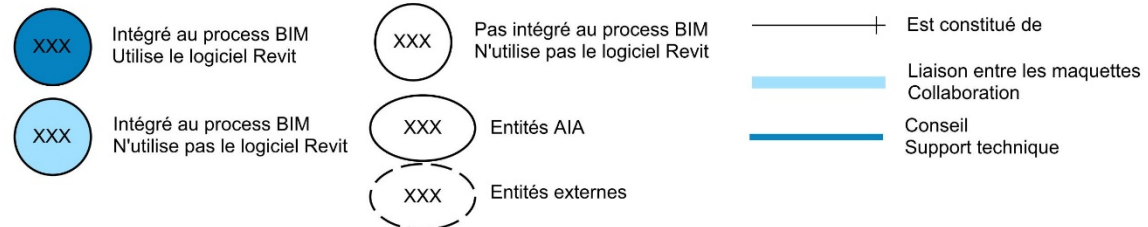




TYPOLOGIE 3 _ PROJET Hôpital de Monaco (CHPG)



LEGENDE



LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIA. 2015. « Architectes Ingénieurs Associés ». < www.a-i-a.fr >.
- BCA. 2013. *BIM Essential guide for architectural consultants*. Building and Construction Authority, 38 p.
- Beideler, J. 2014. « Le plan pour faire basculer le bâtiment dans le BIM ». *Le Moniteur*. p. 6. Consulté le 28/10/14.
- Ben Rajeb, S. 2012. « Modélisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale ». Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette et Ecole Doctorale Ville, Transport, Territoire _ Université Paris Est 438 p.
- Bleyenheuft, V. 2015. « Les niveaux du BIM - Partie 1 ». *Blog*.
- CCQ. 2015. « Commission de la Construction du Québec ». < http://www.ccq.org/fr-CA/GrandPublic/B_IndustrieConstruction/B01_CaracteristiquesIndustrie >. Consulté le 10/03/15.
- CIC. 2010. *BIM - Project execution planning guide (Version 2.0)*. Penn State, 126 p.
- CIC. 2013. *BIM - Planning guide for facility owners*. Penn State, 79 p.
- Deutsch, R. 2011. *BIM and Integrated Design - Strategies for Architectural Practices*, 1. USA: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 241 p.
- Dossick, D., et Neff G. 2011. « Messy talk and clean technology: communication, problemsolving and collaboration using Building Information Modelling ». *Engineering Project Organization Journal*. p. 12.
- Eastman, C., Teicholz P., Sacks R. et Liston K. (650). 2011. *BIM Handbook : a guide to building information modeling*, 2.
- Egan, J. 1998. *Rethinking construction*. London: DETR/Stationary office, 38 p.
- Forgues, D., Iordanova I. et Chiocchio F. 2012. *A Framework for an Integrated and Evolutionary Body of Knowledge*. Construction Research Congress 2012, 564 - 573 p.
- Forgues, D., et Staub-French S. 2014. *The inevitable shift towards Building Information Modelling (BIM) in Canada's construction sector: a three-project summary (Research summary & highlights)*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec: Cefrio, 22 p.

- Forgues, D., Staub-French S. et Farah LM. 2011. « Teaching Building Design and Construction Engineering. Are we ready for the paradigm shift? ».
- Forgues, D., Staub-French S., Iordanova I., Kassaian A., Abdulaal B., Samilski M., Cavka HB. et Nepal M.. 2011. *BIM "best practices" project report* An investigation of "best practices" through case studies at Regional, National and International levels 182 p.
- Gagnon, Y. 2005. *L'étude de cas comme méthode de recherche : guide de réalisation*. Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.
- Gero, J.S., et Tang H. 2001. *Concurrent and retrospective protocols and computer-aided architectural design*. Department of Architectural and Design Science, University of Sydney, 8 p.
- Henderson, J.C., et Venkatraman N. 1993. « Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations ». *IBM Systems Journal*, vol. 32, n° 1, p. 13.
- Lu, W., Lian C., Fung A. et Rowlinson S. 2014. « Demystifying the time-effort distribution curves in construction projects: a BIM and non-BIM comparison ». p. 10.
- MacLeamy. 2008. « BIM, BAM, BOOM! How to build greener, high-performance buildings ». *Urban Land Green Magazine*.
- Miettinen, R., Kerosuo H., Korpela J., Mäki T. et Paavola S. 2012. « An activity theoretical approach to BIM research ». *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* Gudni Gudnason and Raimar Scherer. p. 777-781.
- Miettinen, R., et Paavola S. 2014. « Beyond the BIM utopia : Approaches to the development and implementation of building information modeling ». *Automation in Construction*. Vol. 43, p. 8.
- National Institute of Building Sciences. 2014. « The National BIM Standard-United States ». < <http://www.nationalbimstandard.org/> >.
- Nguyen, L., et Shanks G. 2007. *Using protocol analysis to explore the creative requirements engineering process*. 19 p.
- Partridge, A., Fris A., Leach G. et Nederpel J. 2007. *Modélisation des données du bâtiment (BIM)*. 20 p.
- Pollard, K. 2009. « BIModal Evolution ». < <http://revolutionbim.blogspot.ca/> >. Consulté le 15/12/14.
- Rogalski, J. 1994. *Formation aux activités collectives*. 367 - 386 p.

- Succar, B. 2008. « Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders ». *Automation in Construction*. p. 19.
- Succar, B. 2009. « Building Information Modelling Maturity Matrix ». p. 50.
- Taylor, J., et Bernstein P. 2009. « Paradigm trajectories of Building Information Modeling practice in projects networks ». p. 8.
- Venkatraman, N. 1994. « IT Enabled business transformation - from automation to business scope redefinition ». *Sloan Management Review*. p. 73-87.
- Vernhet, E. 2014. « L'activité collective distance et outillée par le BIM dans les pratiques de conception architecturale ». Liège, Université de Liège – Faculté des sciences appliquées 125 p.
- Volk, R., Stengel J. et Schultmann F. 2013. « Building Information Modeling (BIM) for existing buildings : literature review and future needs ». *Automation in Construction*. p. 19.
- Yin, R.K. 2014. *Case study research : design and methods*, 5. USA: Sage Publications, Inc.